

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE  
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
À L'OBTENTION DE LA  
MAÎTRISE EN GÉNIE DE LA CONSTRUCTION  
M.Ing.

PAR  
LUC PELLECUER

ÉTUDE DE FAISABILITÉ DE L'IMPLANTATION DES CARREFOURS  
GIRATOIRES AU QUÉBEC

MONTREAL, LE 25 AOÛT 2003

© droits réservés de Luc Pellecuer

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

Mme Michèle St-Jacques, professeure et directrice de mémoire  
Département de génie de la construction  
École de technologie supérieure

M. François Brissette, professeur et président du jury  
Département de génie de la construction  
École de technologie supérieure

Mme Catherine Berthod, ingénieure et urbaniste  
Centre québécois de transfert des technologies des transports  
Direction de la recherche et de l'environnement  
Ministère des Transports du Québec

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 12 AOÛT 2003

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

# **ÉTUDE DE FAISABILITÉ DE L'IMPLANTATION DES CARREFOURS GIRATOIRES AU QUÉBEC**

Luc Pellecuer

## **RÉSUMÉ**

Le concept du carrefour giratoire, récemment arrivé au Québec, soulève plusieurs craintes et questions. Ce type d'intersection peut-il s'adapter aux particularités climatiques et comportementales québécoises tout en restant sécuritaire ? Les nombreuses expériences étrangères montrent que l'utilisation des giratoires assure une sécurité accrue et une capacité élevée de l'intersection. Cependant, certains inconvénients demeurent et certains éléments de conception restent controversés. Au Québec, les premières implantations de carrefours giratoires ont toutes rencontré de bons résultats, comparables à ceux obtenus ailleurs dans le monde. Toutefois, elles ont toutes fait face aux mêmes types de problèmes (en signalisation et communication). Ces différents exemples montrent ainsi que l'implantation des giratoires au Québec peut être satisfaisante tant que les principes de base de conception sont respectés. Dans les premiers temps, l'implantation de giratoires doit toutefois rester prudente, en attendant l'adaptation des règles de conception à l'environnement québécois.

## **ÉTUDE DE FAISABILITÉ DE L'IMPLANTATION DES CARREFOURS GIRATOIRES AU QUÉBEC**

Luc Pellecuer

### **SOMMAIRE**

Né en Grande-Bretagne à la fin des années 1960, le concept du carrefour giratoire s'est répandu à travers le monde (de la Hongrie et la Jordanie à l'Australie), connaissant partout un vif succès. Après son apparition aux États-Unis, il est récemment arrivé au Québec où il est désormais impliqué dans de nombreux projets d'aménagement routier. Le fait que ce mode de contrôle des intersections est nouveau soulève plusieurs craintes et questions. Est-ce que ce type d'intersection peut s'adapter aux particularités climatiques et comportementales québécoises tout en restant sécuritaire ? Le présent document s'appuie sur une revue de littérature afin de répondre à cette question.

Les nombreuses expériences étrangères montrent que l'utilisation des giratoires assure une sécurité accrue et une capacité élevée de l'intersection. Cependant, bien qu'il ait de nombreux atouts, certains inconvénients demeurent et quelques éléments critiques de la conception sont toujours controversés.

Au Québec, les premières implantations de carrefours giratoires ont toutes rencontré de bons résultats, comparables à ceux obtenus ailleurs dans le monde. Toutefois, elles ont toutes fait face aux mêmes types de problèmes : des défaillances ou des manques au niveau de la signalisation et du marquage et des lacunes au niveau de la communication auprès des usagers. Ces légers désagréments devraient pouvoir être évités à l'avenir si une attention spéciale leur est portée.

Finalement, les différents exemples présentés dans ce document permettent de conclure que l'implantation des giratoires au Québec peut être satisfaisante tant que les principes de base de conception sont respectés et que les campagnes de communication sont bien menées. Cependant, dans les premiers temps, l'implantation de giratoires doit rester prudente afin que les usagers puissent s'y habituer progressivement. Des recherches devront également être menées afin d'adapter les règles de conception à l'environnement québécois.

## **FEASIBILITY STUDY OF ROUNDABOUTS INSTALLATION IN QUEBEC**

Luc Pellecuer

### **ABSTRACT**

Born in Great-Britain in the late 1960's, the concept of roundabout has spread successfully all over the world (from Hungary and Jordan to Australia). After its acceptance in the United States, it has recently arrived in Quebec where it is being included in many road design projects. As a new technique of intersection management, it raises some doubts and questions: Can this intersection type be appropriate for Quebec's social and climatic environment? In this document, a review of the latest literature in the topic is presented in order to answer this question.

Previous experiences in other countries show that the use of roundabouts has improved the safety and increased the capacity of the intersection. However, despite the numerous benefits, some drawbacks remain and several key design elements remain controversial.

In Quebec, the few first roundabouts constructed have all produced the same satisfactory results as those experienced worldwide. Nonetheless, they all have faced the same kind of problems: absence or inadequacy of road signs and pavement marking and poor communication with the users. With a careful assessment of the problems, such inconveniences could be avoided in the future.

The different cases presented in this document lead to the conclusion that roundabouts may be used successfully in Quebec as long as the basic design principles are respected and communication with the users is precise. However, it would be better if roundabout were introduced gradually to allow Quebec users to get progressively familiar with them. Moreover, further research is needed to adapt the general guidelines to the unique characteristics of the Quebec environment.

## **REMERCIEMENTS**

La conduite du projet et la rédaction de ce mémoire ont nécessité l'aide de plusieurs personnes que j'aimerais remercier.

Tout d'abord, je tiens à remercier ma directrice de mémoire, Mme Michèle St-Jacques, pour sa disponibilité et pour l'intérêt qu'elle a manifesté pour mon travail. Par ailleurs, elle m'a permis de mieux appréhender la problématique du giratoire au Québec en m'introduisant dans le comité d'organisation du colloque sur les carrefours giratoires de l'Association Québécoise du Transport et des Routes (AQTR) et de l'Association des Ingénieurs Municipaux du Québec, ainsi qu'en me donnant la possibilité de faire part de l'avancement de mes recherches lors du congrès annuel de l'AQTR en avril 2003.

J'aimerais ensuite remercier vivement les membres du comité d'organisation du colloque sur les carrefours giratoires de l'AQTR : Mme Catherine Berthod, M. Marc-André Lavigne, M. André Lemire, M. Paul Mackey et M. Jean-Luc Marret. Tous m'ont fait profiter de leur expérience et de leurs connaissances sur le sujet ; ils m'ont apporté leur soutien et m'ont permis de rester au faite de l'actualité du giratoire au Québec. Ils m'ont été d'une aide précieuse pour la réalisation de mon projet.

Finalement, je tiens à remercier M. Olivier Plante qui, malgré la difficulté des tâches qu'il avait à accomplir, a fourni un travail sérieux et efficace sur lequel j'ai pu prendre appui.

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
SOMMAIRE .....	i
ABSTRACT .....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
TABLE DES MATIÈRES .....	iv
LISTE DES TABLEAUX .....	vii
LISTE DES FIGURES .....	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SIGLES .....	xii
GLOSSAIRE .....	xiii
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE 1 GÉNÉRALITÉS SUR LE CARREFOUR GIRATOIRE .....	3
1.1 Historique du giratoire .....	3
1.2 Description du giratoire .....	8
1.2.1 Définition générale du giratoire .....	9
1.2.2 Types de carrefours giratoires .....	12
CHAPITRE 2 LE GIRATOIRE À L'ÉTRANGER .....	19
2.1 Conditions d'implantation .....	19
2.1.1 Conditions climatiques .....	20
2.1.2 Environnement local .....	20
2.1.3 Spécificité ponctuelle .....	21
2.1.4 Usagers .....	22
2.2 Conception et opération .....	27
2.2.1 Méthodologie de planification et de conception .....	27
2.2.2 Règles de conception à l'étranger .....	29
2.2.3 Coûts de construction .....	39
2.2.4 Coûts d'opération .....	41

2.3	Capacité .....	45
2.3.1	Facteurs déterminant la capacité d'un giratoire .....	45
2.3.2	Performances générales en capacité .....	48
2.3.3	Files d'attente, retards et niveaux de service .....	49
2.4	Sécurité .....	52
2.4.1	Statistiques selon le type d'utilisateur .....	53
2.4.2	Bilan statistique .....	61
2.4.3	Causes des bonnes performances .....	63
2.4.4	Recommandations .....	66
2.5	Société .....	68
2.5.1	Mentalités .....	68
2.5.2	Communication .....	70
2.5.3	Éducation .....	72
2.6	Bilan de l'expérience étrangère .....	74
2.6.1	Conditions d'implantation .....	74
2.6.2	Conception et opération .....	75
2.6.3	Capacité .....	76
2.6.4	Sécurité .....	77
2.6.5	Société .....	77
CHAPITRE 3 LE GIRATOIRE AU QUÉBEC .....		79
3.1	Conditions particulières au Québec .....	79
3.1.1	Climat .....	79
3.1.2	Comportement des automobilistes .....	81
3.2	Expériences québécoises .....	82
3.2.1	Description des projets .....	83
3.2.2	Aménagement .....	90
3.2.3	Entretien .....	93
3.2.4	Sécurité .....	94
3.2.5	Communication .....	96
3.2.6	Société .....	97
3.3	Guide du ministère des Transports du Québec .....	98
3.3.1	Analyse globale du guide .....	98
3.3.2	Analyse des sections générales .....	99
3.3.3	Analyse des sections techniques .....	100
3.4	Bilan de l'expérience québécoise .....	103
CHAPITRE 4 RECOMMANDATIONS POUR L'IMPLANTATION DE CARREFOURS GIRATOIRES AU QUÉBEC .....		106
4.1	Recommandations techniques .....	106
4.1.1	Conditions d'implantations .....	107
4.1.2	Conception générale .....	107
4.1.3	Conception structurelle .....	110
4.1.4	Construction .....	111
4.1.5	Entretien .....	111



4.2	Communication .....	113
4.2.1	Communication tout au long du projet .....	113
4.2.2	Communication pour tous les usagers.....	114
4.2.3	Autres considérations liées à la communication .....	115
4.3	Recherches nécessaires.....	116
4.3.1	Recherche au niveau mondial .....	116
4.3.2	Recherche au niveau provincial .....	117
4.4	Stratégie d'implantation .....	118
4.4.1	Premiers giratoires.....	119
4.4.2	Vers des giratoires plus complexes .....	121
CONCLUSION .....		122
ANNEXES		
1 : Aperçu des principales dimensions des carrefours giratoires .....		126
2 : Avantages et inconvénients du carrefour giratoire .....		129
3 : Conditions favorables et défavorables pour l'implantation d'un carrefour giratoire .....		131
4 : Statistiques d'accidents à Chicoutimi .....		133
BIBLIOGRAPHIE.....		135

## LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau I      Principales différences entre un giratoire et un rond-point .....	10
Tableau II      Rayons extérieurs maximaux selon les pays.....	14
Tableau III     Aperçu des différents types de giratoires.....	18
Tableau IV     Influence des principaux paramètres de conception sur le diamètre extérieur du giratoire .....	31
Tableau V      Efficacités relatives des intersections .....	52
Tableau VI     Influence du diamètre extérieur du giratoire sur le nombre d'accidents .....	54
Tableau VII    Influence sur la réduction du nombre d'accidents de la conversion de l'intersection en giratoire selon son diamètre extérieur.....	55
Tableau VIII   Nombre d'accidents des cyclistes et motocyclistes par million de passages selon le type d'intersection .....	58
Tableau IX     Gravité des accidents des cyclistes selon le nombre de voies sur l'anneau .....	58
Tableau X      Gravité des accidents des piétons selon le nombre de voies sur l'anneau .....	59
Tableau XI     Répartition des accidents par type d'intersection selon le type d'usager .....	60
Tableau XII    Réductions des accidents dans différents pays.....	62
Tableau XIII   Proportions des principaux types d'accidents dans différents pays.....	63

Tableau XIV	Changement d'opinion des usagers lors de la construction d'un giratoire .....	69
Tableau XV	Récapitulatif des performances de la communication, de la conception et de la signalisation des projets québécois étudiés .....	104
Tableau XVI	Caractéristiques désirées de l'enrobé selon la densité du trafic.....	111

## LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1	Projet de carrefour à giration de Eugène Hénard ..... 4
Figure 2	Giratoire de Whyteleafe, en Angleterre..... 5
Figure 3	Giratoires à Bourges, en France..... 6
Figure 4	Giratoire de l'arrondissement Saint-Laurent, à Montréal ..... 8
Figure 5	Déflexion et évasement à l'entrée du giratoire..... 11
Figure 6	Giratoire classique à Vail, au Colorado..... 13
Figure 7	Giratoire semi-franchissable à Vail, au Colorado..... 15
Figure 8	Mini-giratoire en France..... 16
Figure 9	Double-giratoire en France ..... 16
Figure 10	Échangeur-lunette en France ..... 17
Figure 11	Visualisation de la place perdue (en rouge) et gagnée (en bleu) lors de la conversion d'un carrefour conventionnel en giratoire..... 30
Figure 12	Courbe contre courbe ..... 32
Figure 13	Bande cyclable sur l'anneau du giratoire ..... 35
Figure 14	Piste cyclable à l'extérieur du giratoire ..... 35
Figure 15	Aménagement de l'îlot central et de bosquets dissuasifs le long de l'allée piétonnière ..... 37

Figure 16	Passage piétonnier surélevé, marqué en zébra sur un enrobé coloré .....	37
Figure 17	Aménagement de l'îlot central du giratoire de Névez .....	39
Figure 18	Répartition des coûts lors de la construction d'un giratoire.....	40
Figure 19	Échangeur de Avon, au Colorado.....	42
Figure 20	Comparaison des retards à un giratoire et à un carrefour à feux pour différents pourcentages de « tourne à gauche » .....	50
Figure 21	Nombre moyen annuel d'accidents avant et après la conversion en giratoire .....	53
Figure 22	Giratoire ovale de Towson, Maryland .....	56
Figure 23	Impact de la vitesse du véhicule sur la gravité de l'état du piéton .....	65
Figure 24	Comparaison du nombre de points de conflits entre véhicules et entre véhicules et piétons pour un giratoire et pour un carrefour conventionnel.....	66
Figure 25	Arc de Triomphe sur la place de l'Étoile, à Paris .....	70
Figure 26	Conduite dans un giratoire selon la sortie que l'on désire prendre .....	73
Figure 27	Localisation des régions froides selon la classification de Köppen .....	80
Figure 28	Taux de décès par milliard de kilomètres en 1998 dans divers pays .....	82
Figure 29	Giratoire de Mont-Tremblant à l'ouverture .....	86
Figure 30	Giratoire de Saint-Laurent.....	87
Figure 31	Giratoire de Saint-Louis-de-France.....	88

Figure 32	Nombre moyen d'accidents par année au croisement Roussel / du Pont avant et après la conversion du carrefour en giratoire .....95
-----------	---

## LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SIGLES

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AIMQ	Association des Ingénieurs Municipaux du Québec
AQTR	Association Québécoise du Transport et des Routes
CERTU	Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques
dB	Décibel
FAO	Food and Agriculture Organization of United Nations
IIHS	Insurance Institute for Highway Safety
ITE	Institute of Transportation Engineers
km/h	Kilomètre par heure
m	Mètre
mm	Millimètre
MTQ	Ministère des Transports du Québec
SAAQ	Société de l'Assurance Automobile du Québec
SIDRA	Signalized and unsignalized Intersection Design and Research Aide
s/véh	Seconde par véhicule
SWOV	Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (Institute for Road Safety Research)
TRB	Transportation Research Board
véh/h	Véhicule par heure
véh/j	Véhicule par jour

## GLOSSAIRE

Approche	Branche du carrefour.
Bande franchissable	Zone périphérique de l'îlot central, jouxtant la chaussée annulaire et légèrement rehaussée par rapport à celle-ci. Elle peut être franchie par les véhicules longs pour faciliter leurs mouvements dans le giratoire.
Bande verte	Synchronisation des feux de circulation d'une même voie de circulation dans le but de fluidifier le trafic.
Carrefour à sens giratoire (ou carrefour giratoire ou giratoire)	Carrefour constitué principalement d'un îlot central entouré d'une chaussée annulaire à sens unique où les véhicules circulent dans le sens trigonométrique. Le carrefour giratoire suppose une déflexion, la priorité aux véhicules circulant sur l'anneau et, parfois, un évasement.
Carrefour conventionnel	Carrefour classique contrôlé généralement par des feux de circulations ou des arrêts, dont les branches traversent l'intersection sans être déviées par la présence d'un obstacle.
Chaussée annulaire (ou anneau)	Voie carrossable à sens unique autour de l'îlot central où circulent les véhicules. Elle possède une largeur uniforme qui varie avec le rayon, la largeur et le nombre de voies de la voie d'entrée la plus large.
Courbe contre courbe	Successions de légères courbes de la voie d'entrée en amont du giratoire afin d'alerter les automobilistes.
Créneau	Espace physique ou temps disponible entre deux véhicules permettant la traversée d'un piéton ou l'insertion d'un véhicule entrant.



Déflexion	Propriété du carrefour giratoire obligeant la circulation à dévier de sa trajectoire naturellement droite pour éviter l'îlot central.
Double-giratoire	Aménagement de deux intersections proches en mini-giratoires.
Évasement	Élargissement de la voie d'entrée au niveau de l'intersection avec la chaussée annulaire.
Échangeur-lunette	Aménagement d'un échangeur autoroutier comportant un giratoire à chacune des rampes d'accès à l'autoroute.
Giratoire semi-franchissable	Giratoire comportant une bande franchissable.
Îlot central	Zone centrale surélevée du carrefour giratoire, généralement circulaire, qui oblige la circulation à le contourner par la droite. Il peut s'élever sous la forme d'un dôme pour une meilleure visibilité et son pourtour peut être constitué par une bande franchissable permettant aux véhicules les plus longs d'emprunter le giratoire.
Îlot séparateur	Zone généralement surélevée séparant les voies d'entrées des voies de sorties du carrefour giratoire. Il est destiné à accueillir les piétons traversant les approches et à infléchir la trajectoire des véhicules vers la droite.
Intersection circulaire	Carrefour aménagé en plaçant un obstacle au centre de l'intersection afin de créer un courant circulaire en sens unique autour de celui-ci. L'intersection circulaire ne répond à aucune règle de conception particulière. Le rond-point fait partie de ce type d'intersection.
Ligne de « cédez le passage »	Ligne, située à l'entrée du giratoire, marquant l'endroit où l'arrêt facultatif doit être effectué. Elle marque également la limite de la chaussée annulaire.

Mini-giratoire	Giratoire de dimension très réduite caractérisé par son îlot central peu marqué.
Passage piétonnier	Passage marqué au sol sur les différentes approches. Il traverse l'îlot séparateur servant de refuge aux piétons.
Rond-point	Cf. la définition de l'intersection circulaire.
Voie d'entrée	Voie de l'approche permettant aux véhicules d'entrer sur la chaussée annulaire.
Voie de sortie	Voie de l'approche permettant aux véhicules de sortir de la chaussée annulaire.
WB-15	Semi-remorque d'une longueur de 15 mètres (de l'essieu le plus en avant à l'essieu le plus en arrière)
WB-20	Semi-remorque d'une longueur de 20 mètres (de l'essieu le plus en avant à l'essieu le plus en arrière)

## INTRODUCTION

Ces dernières années, on a pu observer dans quelques municipalités du Québec l'implantation discrète d'un nouvel aménagement routier, le carrefour à sens giratoire. Bien qu'au premier abord il ressemble à son ancêtre, le rond-point, encore présent sur les routes québécoises, certaines modifications l'en distinguent clairement.

En 1998, la construction du giratoire de Saint-Laurent, le premier à mériter incontestablement cette appellation, a annoncé le début du giratoire au Québec. Désormais, le nombre de constructions et de projets mettant en jeu cet innovant aménagement routier ne cesse de croître. Cet intérêt québécois pour le carrefour à sens giratoire est toutefois relativement tardif. À la fin des années 1960, l'Angleterre développa le concept du carrefour giratoire qui s'étendit ensuite en France et en Australie où, désormais, ils sont utilisés au même titre que les aménagements plus classiques. En quelques années, l'essor de l'idée du carrefour giratoire a alors atteint la plupart des pays occidentaux.

Son avènement tardif au Québec fait de lui un aménagement encore méconnu et craint par de nombreuses personnes, concepteurs ou automobilistes, piétons ou décideurs. À l'heure de l'arrivée au Québec de la mode des carrefours giratoires, certaines questions se posent. Quels sont les bénéfices apportés par ce type d'aménagement ? Quelles sont ses faiblesses ? Ce type d'aménagement est-il adapté aux particularités climatiques du Québec ? Les usagers sauront-ils s'y adapter ? En fin de compte, le giratoire peut-il et doit-il être implanté au Québec ?

Tout d'abord, en s'appuyant sur l'analyse de la littérature, quelques aspects généraux concernant le carrefour giratoire sont abordés. L'historique du carrefour giratoire est brièvement retracé afin de voir l'évolution qu'il a subie entre le début du XX<sup>ème</sup> siècle, où il n'était encore qu'un rond-point, et le changement de millénaire, où son concept innovant est repris à travers le monde entier. Après avoir donné une définition précise à

cet aménagement routier, les différents types de carrefours giratoires existants sont présentés.

Ensuite, grâce aux nombreuses publications étrangères qui discutent des diverses caractéristiques du carrefour giratoire, un bilan des connaissances acquises et des recherches en cours est dressé. Tous les aspects reliés au développement d'un carrefour giratoire sont traités : ses conditions d'implantations, sa conception, sa réalisation, son opération. Les performances et limites rencontrées en terme de capacité de sécurité et de société sont également abordées.

Puis, les premières implantations québécoises sont étudiées à l'aide des publications traitant du carrefour giratoire qui commencent à se multiplier, témoins de l'intérêt croissant qu'on lui porte au Québec. En prenant en compte les possibles spécificités du Québec, on peut tirer quelques constatations intéressantes de ces premières expériences québécoises. Le récent guide du ministère des Transports du Québec est également analysé afin de savoir s'il répond entièrement et correctement aux questions que les concepteurs sont en droit de se poser.

Finalement, de la confrontation des expériences étrangères et québécoises, la faisabilité de l'implantation sécuritaire des carrefours giratoires au Québec est discutée. Toutefois, comme le concept des carrefours giratoires ne peut plus être refoulé hors des frontières québécoises, des recommandations pour les carrefours giratoires à venir au Québec sont esquissées. Elles ont pour but de rappeler aux concepteurs l'importance de certains points critiques dont le respect conditionne le succès des futures implantations.

Comme on le devine, le carrefour giratoire est un aménagement complexe dont les différents éléments sont très fortement liés entre eux. Afin de bien utiliser ce type d'aménagement, le concepteur doit se familiariser avec lui et assimiler ses subtilités. À cette fin, la présentation de quelques généralités le concernant permettront de mieux le comprendre.

## **CHAPITRE 1**

### **GÉNÉRALITÉS SUR LE CARREFOUR GIRATOIRE**

Cette première section présente le carrefour giratoire d'un point de vue général afin que le lecteur se familiarise avec ce nouvel aménagement qui s'implante peu à peu en divers endroits du Québec. L'historique du giratoire présente tout d'abord son ancêtre, le rond-point, puis trace l'évolution du giratoire, de ses débuts en Angleterre jusqu'à son arrivée récente en Amérique du Nord puis au Québec. Par la suite, la définition du giratoire et un aperçu des différents types de giratoire existant seront présentés.

#### **1.1 Historique du giratoire**

Avant l'apparition des automobiles et bien avant la création du carrefour giratoire, on a pu observer l'émergence de ronds-points à certaines des principales intersections des capitales européennes (notamment à Bruxelles et Paris). Au cours des XVIII<sup>ème</sup> et XIX<sup>ème</sup> siècles, ces immenses ronds-points étaient seulement destinés à embellir la ville sans avoir de rôle de gestion de la circulation. L'aménagement de leur îlot central et l'agencement des bâtiments sur leur pourtour donnaient ainsi naissance à de majestueuses places mettant parfois en scène monuments et œuvres d'art ou offrant un large espace pour les éventuelles parades (CERTU, 1993 et 2000a).

Le rond-point n'était alors régi par aucune règle stricte de circulation. La plupart du temps, en l'absence de réglementation, les calèches et automobiles le contournaient aléatoirement par la droite et la gauche, dans la plus grande confusion. Par la suite, afin d'organiser la circulation autour des ronds-points, la règle de priorité à droite qui donne la priorité aux véhicules entrant dans l'intersection fut instaurée (CERTU, 2000a).

C'est ainsi qu'en 1906, dans le but de gérer l'abondante circulation parisienne, Eugène Hénard, architecte à la Ville de Paris, eut l'idée d'un carrefour de forme circulaire au centre duquel était placé un obstacle obligeant ceux qui empruntaient l'intersection à faire le tour dudit obstacle dans un sens prédéterminé. Le mouvement circulaire ainsi induit diminuait les points de conflit entre les différents flux entrant et sortant, rendant par le fait même la circulation plus fluide (figure 1). En 1907, les deux premiers ronds-points de Paris ayant pour principal but de gérer la circulation virent le jour sur la place de l'Étoile et celle de la Nation (CERTU, 1993 et 2000a ; Jacquemart, 1998 ; Taekratok, 1998).

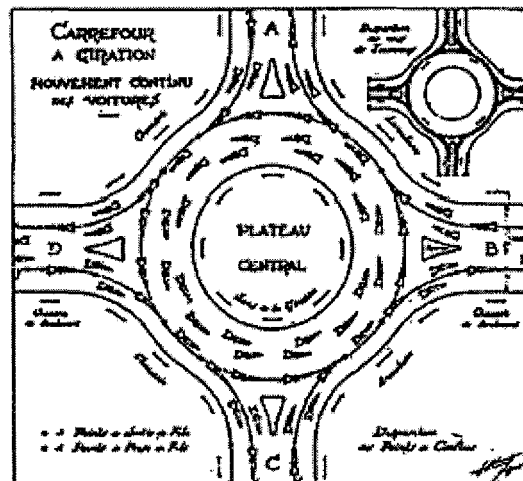


Figure 1 Projet de carrefour à giration de Eugène Hénard

(Source : Taekratok, 1998)

Parallèlement, de l'autre côté de l'Atlantique, dans la ville de New York, William Eno eut la même idée d'un aménagement circulaire à sens unique destiné à améliorer les conditions de circulation. En 1904, il créa en particulier le Columbus circle, premier rond-point de New York (CERTU, 1993 ; Jacquemart, 1998 ; Taekratok, 1998 ; Najafi et Jivacate, 2002).

Dans les années 1950, à cause de la forte augmentation du volume du trafic due à la popularisation de l'automobile, de nombreuses et importantes congestions étaient recensées aux intersections aménagées en ronds-points. En effet, la règle de priorité à droite empêchait les véhicules circulant sur l'anneau de dégager l'intersection tandis que les véhicules arrivant sur les voies d'entrée tentaient de s'insérer dans la circulation. Ainsi, rapidement, ces aménagements devinrent très impopulaires auprès de leurs utilisateurs (Jacquemart, 1998 ; Taekratok, 1998 ; Russell et al., 2002).

C'est en Grande-Bretagne qu'apparut l'idée innovatrice de donner la priorité à l'anneau, en installant des panneaux de « cédez le passage » aux entrées des carrefours giratoires. Les premières études montrèrent qu'une telle règle permettrait de réduire l'attente des usagers tout en augmentant la capacité du carrefour. En 1966, étant donné le succès des expérimentations de ce type d'aménagement, la règle de priorité à l'anneau fut officialisée en Grande-Bretagne (CERTU, 1993 et 2000a ; Taekratok, 1998 ; Russell et al., 2002). Plus tard, la taille de l'îlot central fut réduite et la largeur des entrées augmentée pour obtenir finalement le carrefour giratoire moderne (figure 2) (Jacquemart, 1998 ; Sisiopiku et Oh, 2001 ; Russell et al., 2002).



Figure 2 Giratoire de Whyteleafe, en Angleterre

(Source : Mairie de Whyteleafe)

Par la suite, avec l'expérience, on s'aperçut que ce type d'aménagement améliorait la sécurité des usagers en plus d'augmenter la fluidité du trafic. Aussi, dans les années 1970, l'idée du carrefour giratoire se diffusa jusqu'en Australie et en France où, désormais, ce sont des aménagements très populaires (Taekratok, 1998 ; CERTU, 2000a).

En France, après leur expérimentation durant les années 1970, les carrefours giratoires furent définitivement adoptés en 1983 par le code de la route (figure 3). Désormais, c'est la France qui est à l'avant-garde concernant l'aménagement de ce type d'intersection et qui décline l'idée du carrefour giratoire afin d'en optimiser les performances et d'en faciliter l'implantation dans les milieux les moins favorables. En 2002, en France, on recensait 15 000 à 20 000 carrefours giratoires (CERTU, 1993 et 2000a ; Taekratok, 1998 ; Najafi et Jivacate, 2002).

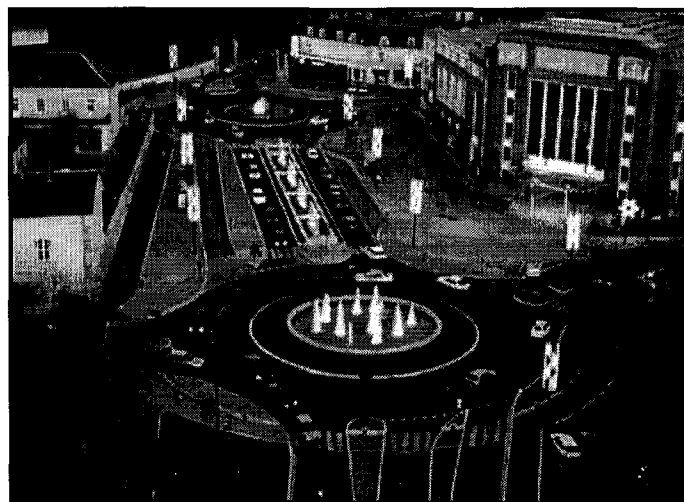


Figure 3 Giratoires à Bourges, en France

(Source : Marc Lescuyer)

Finalement, dans les années 1980, grâce à leurs solides atouts en matière de sécurité et de capacité, les carrefours giratoires se répandirent un peu partout en Europe ainsi



que dans certains pays membres du Commonwealth (Jacquemart, 1998 ; CERTU, 2000a ; Russell et al., 2002). De nos jours, on retrouve les giratoires un peu partout dans le monde, dans des pays aux caractéristiques climatiques et culturelles très diverses (Jacquemart, 1998 ; Najafi et Jivacate, 2002). On les retrouve dans près de trente pays :

- a. Afrique du Sud ;
- b. Allemagne ;
- c. Australie ;
- d. Autriche ;
- e. Belgique ;
- f. Chine ;
- g. Danemark ;
- h. Émirats Arabes Unis ;
- i. Espagne ;
- j. États-Unis ;
- k. Finlande ;
- l. France ;
- m. Grande-Bretagne ;
- n. Hongrie ;
- o. Israël ;
- p. Italie ;
- q. Jordanie ;
- r. Luxembourg ;
- s. Mexique ;
- t. Nouvelle-Zélande ;
- u. Pays-Bas ;
- v. Portugal ;
- w. Norvège ;
- x. Slovénie ;

- y. Suède ;
- z. Suisse ;
- aa. Thaïlande.

Au Québec, seuls quelques véritables carrefours giratoires peuvent être pour l'instant recensés (figure 4). La majorité des installations se voulant carrefour giratoire relève en effet plus de l'ancien rond-point que du véritable giratoire (Guimond, 2002a ; Dubois, 2003). Toutefois, le nombre de projets en cours dans diverses régions témoigne du nouvel intérêt qu'il suscite.



Figure 4 Giratoire de l'arrondissement Saint-Laurent, à Montréal

(Source : MTQ)

## 1.2 Description du giratoire

Le giratoire est souvent mal connu et confondu avec son ancêtre, le rond-point. C'est pourquoi il apparaît nécessaire de définir tout d'abord précisément ce qu'est un carrefour giratoire et en quoi il diffère du rond-point.

### 1.2.1 Définition générale du giratoire

#### Définition

Tout d'abord, il faut définir de façon intrinsèque l'aménagement routier qu'est un carrefour giratoire. Le carrefour giratoire est constitué principalement d'un îlot central surélevé placé au centre du carrefour et ceinturé par une chaussée annulaire à sens unique obligeant la circulation à le contourner par la droite. Par ailleurs, les véhicules entrant sur la chaussée annulaire doivent céder le passage à ceux y circulant déjà. Le ministère des Transports du Québec (MTQ, 2002) définit comme suit cet aménagement :

« Un carrefour comportant trois branches ou plus, dans lequel les courants convergent puis divergent sur une chaussée à sens unique entourant l'îlot central. La circulation sur cette chaussée se fait dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et a priorité sur la circulation entrant dans l'anneau. »

Même si la définition semble claire a priori, pour la plupart du public, il y a souvent confusion entre le carrefour à sens giratoire et le rond-point encore présent sur le territoire québécois. Pourtant, même si le carrefour giratoire est historiquement issu du rond-point, il se différencie de celui-ci par quelques caractéristiques non négligeables.

Le carrefour giratoire se distingue du rond-point sur trois aspects fondamentaux : la priorité accordée aux véhicules circulant sur l'anneau, l'évasement des voies d'entrée et la déflexion de la trajectoire des véhicules entrant dans le giratoire (Ourston et Bared, 1995 ; Sisiopiku et Oh, 2001 ; Lounsbury & Associates, 2003). De ces trois points d'une part et de la volonté d'élaborer un aménagement sécuritaire d'autre part découle toute une série de différences entre rond-point et giratoire (tableau I) : la conception géométrique et la signalisation sont ainsi radicalement différentes dans chacun des deux cas (Myers, 1994).

Tableau I

Principales différences entre un giratoire et un rond-point

Caractéristiques	Giratoire	Rond-point
Système de priorité	Priorité aux véhicules circulant sur l'anneau	Priorité aux véhicules entrant sur l'anneau
Contrôle des entrées	Panneaux « cédez le passage » à toutes les entrées	N'importe quel mode est possible (feux, panneaux arrêts, etc.)
Stationnement	Pas de stationnement dans le carrefour	Possibilité de stationnement dans le carrefour
Traversée des piétons	Les piétons traversent seulement sur les approches	Les piétons peuvent traverser par l'îlot central
Îlots séparateurs	Obligatoires	Facultatifs
Déflexion	Obligatoire	Facultative

(Source : adaptation de Jacquemart, 1998 et de Taekratok, 1998)

Géométrie

Un carrefour giratoire est donc un aménagement routier sujet à de nombreuses restrictions d'ordre géométrique. Si le carrefour ne s'y conforme pas, il ne peut en aucun cas mériter l'appellation de « carrefour giratoire » et devient par là même ou bien

un rond-point ou bien une intersection circulaire quelconque (Rahman et Hicks, 1994 ; Wallwork, 1997).

Historiquement, outre les caractéristiques spécifiques du lieu retenu pour la construction d'un giratoire, deux des principaux éléments de base pour le calcul géométrique d'un giratoire sont la déflexion d'une part et l'évasement d'autre part (Rahman et Hicks, 1994). Le premier élément, la déflexion, a pour rôle de freiner la circulation et de forcer les véhicules entrant sur le giratoire à céder le passage aux véhicules circulant sur l'anneau. La figure 5 montre comment la présence de l'îlot central oblige les automobilistes à ralentir pour le contourner.

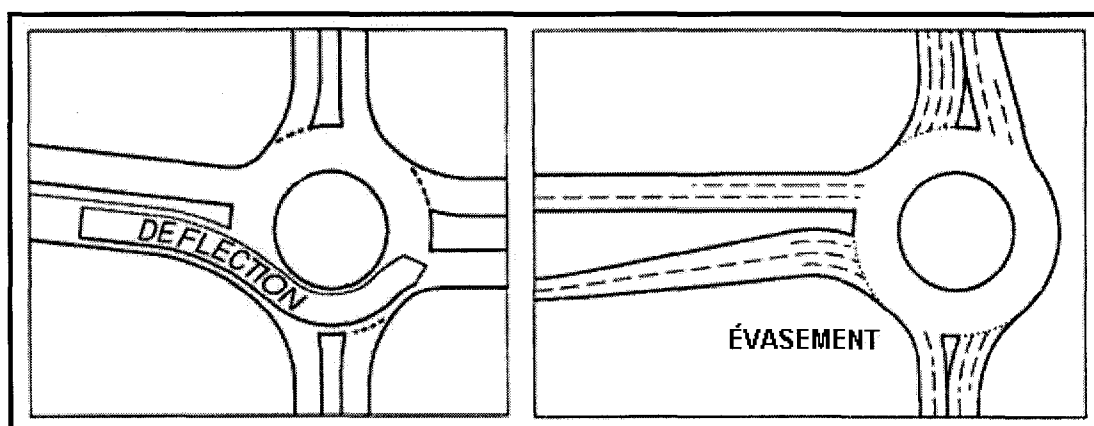


Figure 5 Déflexion et évasement à l'entrée du giratoire

(Source : Myers, 1994)

Le second élément, l'évasement, permet d'accroître la capacité du carrefour (de 40 % selon Natsinas (1982)) en augmentant le nombre de véhicules d'une même voie d'entrée qui peuvent pénétrer sur l'anneau simultanément (Sisiopiku et Oh, 2001). L'évasement peut se traduire soit par un simple élargissement de la chaussée au droit de l'entrée dans le giratoire, soit par une augmentation du nombre de voies sur l'approche d'entrée (figure 5). Bien qu'étant historiquement une des caractéristiques

essentielles du giratoire, cet évasement est désormais réprouvé par la plupart des concepteurs à cause de la diminution du niveau de sécurité des usagers qui accompagne son aménagement.

Ces deux caractéristiques permettent donc d'assurer toutes les fonctions qu'on est susceptible d'attendre d'un carrefour giratoire, c'est-à-dire principalement de sécuriser une intersection tout en améliorant sa capacité et la fluidité de la circulation qui l'emprunte. C'est pourquoi toutes les dimensions du giratoire, telles que la largeur des approches, l'élévation de l'îlot central ou les caractéristiques des îlots séparateurs sur les approches, sont établies pour faire ressortir la déflexion et l'évasement (Ourston et Bared, 1995). L'annexe 1 propose un aperçu des principales dimensions qui doivent être déterminées pour la conception d'un giratoire.

### 1.2.2 Types de carrefours giratoires

Depuis son avènement, au début du XX<sup>ème</sup> siècle, le concept du giratoire a évolué et plusieurs variantes ont été développées à partir de l'idée originale. En effet, dans certains milieux contraignants, comme en milieu urbain dense ou dans le cas d'un réseau routier supportant un important trafic de poids lourds (où les dimensions du giratoire peuvent alors poser problème), un giratoire plus adapté a souvent été développé afin de mieux s'harmoniser avec l'environnement.

Les différents types de giratoires abordés ici ainsi que leurs caractéristiques sont seulement donnés à titre indicatif, à partir de la consultation de la littérature. D'une source à l'autre, certains éléments peuvent varier. L'auteur a donc pris le parti de nommer ici les caractéristiques tirées de la littérature qui lui semblaient les plus pertinentes (Yagar, 1992 ; Boender, 1999 ; CERTU, 1999 et 2000a ; Tacq, 2000 ; U.S. Department of Transportation, 2000 ; Jacquemart, 2002b ; Novellas, 2002b).

### Giratoires classiques

Le carrefour giratoire classique (figure 6) peut être rencontré aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain. Ses dimensions sont modifiées pour s'accorder notamment avec son environnement et les flux à chaque approche.



Figure 6 Giratoire classique à Vail, au Colorado

(Source : MTQ)

La plupart des giratoires classiques possèdent un rayon extérieur minimal de 15 mètres et un rayon extérieur maximal variant entre 18 mètres, dimension recommandée aux Pays-Bas par souci de sécurité (Boender, 1999), et 30 mètres, dans le cas extrême d'une approche à deux voies en milieu rural (U.S. Department of Transportation, 2000). Entre ces deux valeurs de rayon extérieur maximal, plusieurs autres sont proposées par les diverses sources consultées (tableau II).

Tableau II

Rayons extérieurs maximaux selon les pays

Pays	Rayon extérieur maximal du carrefour giratoire (m)
Belgique	80
États-Unis	30
Allemagne	22,5
Suède	25 (en pratique)
France	25
Pays-Bas	18 (en pratique)

Giratoires semi-franchissables

Ce type de giratoire peut être construit en milieu urbain, lorsque les voies aboutissant au carrefour ne sont pas structurantes pour le réseau. Les giratoires semi-franchissables possèdent un rayon extérieur généralement compris entre 12 et 15 mètres. Ils sont caractérisés par la présence autour de l'îlot central d'une bande franchissable légèrement surélevée d'une largeur pouvant atteindre 1,5 mètre.

Cette bande, surmontable à vitesse lente par les véhicules longs, facilite leurs manœuvres de giration autour de l'îlot central (figure 7). Elle empêche ainsi l'aménagement d'un giratoire dont la chaussée annulaire, pour permettre le passage de ces véhicules longs, serait trop large pour les usagers courants et permettrait par conséquent la circulation à vitesse élevée des automobilistes, au détriment de leur sécurité.





Figure 7 Giratoire semi-franchissable à Vail, au Colorado

(Source : MTQ)

### Mini-giratoires

C'est lorsque l'emprise disponible est très faible et la vitesse de circulation inférieure à 50 kilomètres/heure, comme en milieu urbain dense par exemple, que le mini-giratoire se révèle être le mieux adapté.

Son rayon compris entre 7,5 et 12 mètres empêche son implantation sur l'itinéraire de transports en commun ou sur une voie fréquemment utilisée par des poids lourds. Son îlot central ne devant être que faiblement élevé pour permettre le passage éventuel de véhicules longs, sa présence est marquée de façon évidente par un fort contraste avec la chaussée, comme on peut le voir sur chacun des exemples de la figure 8.

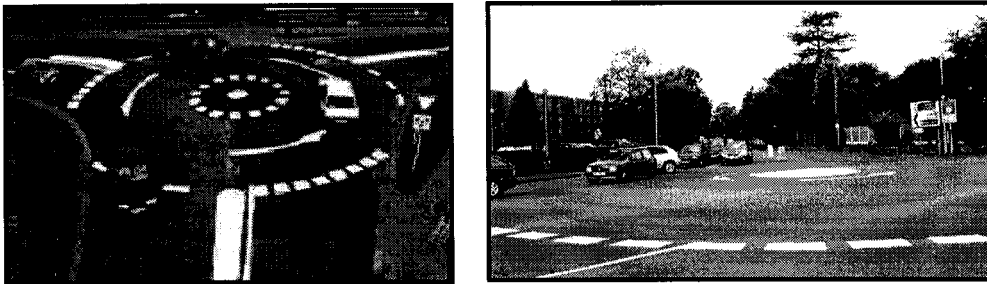


Figure 8 Mini-giratoires en France

(Source : <http://www.ksu.edu/roundabouts/> et Bill Baranovski)

### Double-giratoires

Le double-giratoire présenté à la figure 9 est utilisé en milieu urbain, lorsque les approches sont tellement désaxées que la déflexion sur un giratoire classique ne serait pas respectée.



Figure 9 Double-giratoire en France

(Source : U.S. Department of Transportation, 2000)

Il est constitué de deux giratoires, la plupart du temps des mini-giratoires, proches l'un de l'autre mais suffisamment éloignés pour que l'accumulation des véhicules entre les deux giratoires soit possible.

### Échangeurs-lunettes

L'échangeur-lunette (figure 10) est souvent utilisé comme système d'échangeur dans les zones industrielles ou commerciales. Il facilite les manœuvres de « tourne à gauche » très problématiques aux sorties des voies rapides et permet, lors d'un potentiel développement de la zone, de raccorder des approches supplémentaires.

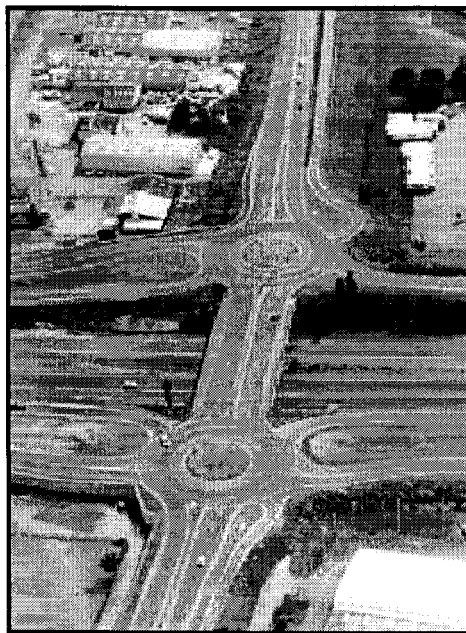


Figure 10 Échangeur-lunette en France

(Source : U.S. Department of Transportation, 2000)

Selon le CERTU (1999), « l'échangeur-lunette correspond à deux giratoires aux carrefours des bretelles de l'échangeur losange, avec la voie franchie ».

### Récapitulatif des différents types de giratoires

Le tableau III regroupe les types de giratoires qui viennent d'être abordés. Certaines de leurs importantes caractéristiques y sont sommairement rappelées.

Tableau III

#### Aperçu des différents types de giratoires

Type de giratoire	Diamètre extérieur (m)	Milieu	Remarques
Giratoire classique	De 15 à 30	Rural et urbain	Variable selon le nombre de voies des approches et de l'anneau
Giratoire semi-franchissable	De 12 à 15	Urbain	Bande franchissable autour de l'anneau
Mini-giratoire	De 7,5 à 12	Urbain dense	Îlot central peu marqué
Double-giratoire	*	Urbain dense	
Échangeur-lunette	*	Zone industrielle ou commerciale	

\* Information non pertinente

## **CHAPITRE 2**

### **LE GIRATOIRE À L'ÉTRANGER**

En matière de giratoire, l'expérience étrangère est très nettement supérieure à celle du Québec. Il apparaît important de consacrer un chapitre entier à ce qui a été et est encore fait à l'étranger. L'implantation du giratoire au Québec, pour être la plus efficace et la moins discutable possible, a tout intérêt à s'inspirer de ce qui a déjà été accompli ailleurs.

Dans cette optique, il est décrit comment le giratoire doit être adapté au milieu d'implantation et aux différentes caractéristiques de la circulation afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles. Par la suite, les caractéristiques des aménagements potentiels, ainsi que les problèmes et les solutions rencontrés dans chaque cas sont abordés. Puis, un aperçu de la capacité et de la sécurité des giratoires est effectué avant de traiter du problème de l'acceptation du giratoire par la population locale. Finalement, de l'analyse de tous ces éléments, est ensuite tiré un bilan qui permet de tracer les premières lignes d'une réflexion sur l'éventuelle faisabilité des carrefours giratoires au Québec.

#### **2.1 Conditions d'implantation**

Pour le giratoire, comme pour tout autre aménagement routier, il est préférable d'étudier les conditions de son implantation préalablement à la construction. Le milieu d'implantation, à une échelle régionale comme locale, et les usagers sont les principaux aspects qui doivent alors être traités.

### 2.1.1 Conditions climatiques

Les carrefours giratoires se sont répandus dans de nombreux pays dont les climats varient très fortement. Selon la classification de Köppen (FAO, 1997), certains, tels que l'Afrique du Sud et l'Australie, possèdent un climat désertique, d'autres, tels que la Suède et le Danemark, un climat nordique, d'autres encore, tels que la Suisse et l'Autriche, un climat montagnard. Certains pays présentent même à eux seuls une diversité climatique importante (France et États-Unis). Des carrefours giratoires ont donc été construits dans chacun des principaux types de climat existants.

Quelle que soit la région considérée, l'aménagement et les caractéristiques du giratoire restent globalement les mêmes (CERTU, 1993). La littérature ne rapporte d'ailleurs aucun problème majeur dû au climat. Les performances du carrefour giratoire ne seraient pas plus liées au climat que dans le cas d'autres aménagements routiers.

### 2.1.2 Environnement local

A une échelle plus locale, selon si le giratoire se situe en milieu rural, périurbain ou urbain, ses caractéristiques sont susceptibles de varier fortement (U.S. Department of Transportation, 2000).

Tout d'abord, les dimensions du giratoire sont fortement tributaires de la place disponible. Ainsi, en milieu rural, un giratoire de grande emprise peut être plus facilement implanté qu'en milieu urbain. L'absence d'une forte densité d'occupation des sols limite moins la superficie des aménagements routiers. En effet, au droit de l'intersection, l'emprise nécessaire pour la construction d'un giratoire est généralement plus grande que celle d'un carrefour conventionnel (U.S. Department of Transportation, 2000).

Ensuite, la vitesse maximale permise est souvent plus élevée dans les milieux rural et périurbain que dans le milieu urbain. Afin de faciliter la circulation à vitesse élevée, la

géométrie du giratoire peut être fluidifiée (rayon d'entrée, de sortie ou rayon extérieur plus grand). En ville, au contraire, le giratoire a souvent un rôle de régulateur de vitesse et doit par conséquent conserver des dimensions suffisamment petites pour contraindre les véhicules à ralentir (Novellas, 2002b).

Aussi, dans le cadre d'une réflexion sur l'implantation d'un giratoire, il est intéressant de prendre en considération les différences entre les types d'usager. Il est en effet sage de prendre en compte chaque type d'usager afin de faciliter l'utilisation du giratoire. Ainsi, par exemple, à une intersection dans une zone industrielle, il est nécessaire de prévoir un aménagement qui puisse être traversé par des véhicules longs (Taekratok, 1998).

Finalement, les giratoires sont des aménagements plutôt destinés aux milieux urbains et périurbains où les flux de circulation sont plus importants et les congestions plus prononcées. Ainsi, en France (Van et Balmeffrezol, 2000), seulement 20 % des giratoires sont construits en milieu rural. Al-Masaeid (1999) rapporte également que la plupart des giratoires de Jordanie sont implantés en milieu urbain.

### 2.1.3 Spécificité ponctuelle

Afin que ce type d'aménagement soit des plus sûrs, le giratoire doit être construit sur une surface la plus plane possible, avec le moins de dénivellation possible. On recommande en général une pente d'environ 1 à 2 % (6 % au maximum) sur l'ensemble du plateau où sera construit le giratoire (Van et Balmeffrezol, 2000). Cette pente maximale varie selon les vitesses d'approche d'une part et le milieu environnant d'autre part. A la pente naturelle du terrain s'ajoutera par la suite le dévers nécessaire dans l'aménagement du carrefour giratoire. La chaussée pourrait alors, dans des cas extrêmes, présenter par endroits une déclivité dangereuse en cas de verglas (Lounsbury & Associates, 2002). Par ailleurs, une pente trop forte serait problématique pour la visibilité et le drainage dans le giratoire (New York State Department of Transportation, 2000).

Il existe de nombreuses particularités locales mais elles sont souvent trop spécifiques pour être mentionnées ici. Chacune de ces particularités a son importance lors du choix type du carrefour, puis lors de la conception du carrefour. Parmi les principales autres spécificités locales, outre la morphologie, l'espace disponible et les usagers vulnérables, on retrouve (U.S. Department of Transportation, 2000) :

- a. la proximité de générateurs de trafics généraux (tels que les centres commerciaux) ou de générateurs de trafics particuliers (tels qu'une mine ou une industrie lourde) ;
- b. la proximité de voies de chemin de fer ;
- c. la proximité d'un carrefour à feux déjà saturé ;
- d. la présence d'une bande verte (feux synchronisés).

Ces éléments sont des facteurs limitants et peuvent provoquer l'abandon du projet d'implantation d'un carrefour giratoire. Car, même si celui-ci semble adapté aux flux, il risque de ne pas être adapté aux autres caractéristiques de son environnement (Brilon et Vandehey, 1998).

#### 2.1.4 Usagers

Lors d'une étude d'implantation d'un giratoire, il est nécessaire de prendre en compte chacun des usagers potentiels du carrefour, soient les véhicules motorisés (parmi lesquels on peut distinguer plus particulièrement les poids lourds, les transports en commun et les deux roues), les cyclistes et les piétons (parmi lesquels on peut également distinguer les handicapés, les malvoyants et les aveugles). Chaque type d'utilisateur possède ses propres caractéristiques et besoins. Ceux-ci doivent donc être étudiés afin de mettre en place les aménagements pertinents pour que tous les usagers puissent circuler en sécurité.



### Véhicules motorisés

En tant qu'aménagement routier, le giratoire doit bien évidemment prendre en compte les véhicules motorisés. Cependant, on oublie souvent que les véhicules traversant les giratoires n'ont pas tous les mêmes besoins. Ainsi, les poids lourds, les transports en commun et même les convois exceptionnels nécessitent des largeurs de voie sur l'anneau et un rayon extérieur suffisamment grand pour permettre leur passage (Wallwork, 1997).

Par ailleurs, les transports en commun en site propre perdent leur priorité à leur arrivée à un giratoire. La règle de priorité à l'anneau empêche ce type de véhicule de circuler de façon indépendante par rapport au reste du trafic (CERTU, 1993 ; Belovski et Chevalier, 2000). Il reste cependant la possibilité d'aménager un deuxième anneau à l'extérieur du premier où seuls les transports en commun auraient le droit de circuler (Lagemann, 2002) De même, le passage éventuel des véhicules d'urgence doit être facilité par la géométrie du giratoire.

Dans chacun de ces cas, des adaptations du modèle initial du giratoire sont nécessaires pour respecter les caractéristiques de chacun des véhicules. Le véhicule de conception du carrefour doit notamment être choisi en fonction du type de véhicule susceptible de traverser le carrefour (Taekratok, 1998).

Par ailleurs, le giratoire facilite grandement certaines manœuvres des automobilistes telles que les manœuvres de « tourne à gauche » et les demi-tours (Bared, 1997, Hétu, 2000). Ces manœuvres, souvent dangereuses à une intersection classique, sont ici remplacées par un simple virage à droite à la sortie désirée. Outre l'augmentation de la sécurité des usagers et de l'efficacité de l'aménagement, l'automobiliste évite la frustration d'une manœuvre qui lui est interdite ou qu'il ne parvient pas à effectuer (Belovski et Chevalier, 2000).

### Cyclistes

Les cyclistes représentent une population à part sur la chaussée car leur vitesse est généralement plus basse que celle des véhicules motorisés. Ils sont notamment particulièrement plus vulnérables lors des manœuvres des autres véhicules sortant de l'anneau. Lorsqu'ils traversent le giratoire sur la chaussée, les cyclistes restent sur l'extérieur de l'anneau, entrant ainsi en conflit avec les véhicules désirant sortir du giratoire (Brilon et Vandehey, 1998). Diverses solutions d'aménagement existent pour assurer une traversée sécuritaire des cyclistes mais chacune possède ses limites. La conception des aménagements dédiés aux cyclistes doit donc être particulièrement méticuleuse.

Il est intéressant de remarquer par ailleurs que les autres deux-roues, tels que les motos et les cyclomoteurs, semblent souvent aussi vulnérables que les cyclistes bien que leur vitesse soit suffisante pour leur permettre de côtoyer les automobiles (Jacquemart, 1998 ; Taekratok, 1998).

### Piétons

La traversée des giratoires par les piétons se fait, par souci de sécurité, sur des passages aménagés sur les différentes approches. Elle semble toutefois souvent malaisée car il peut être difficile pour les piétons d'évaluer le créneau disponible entre deux véhicules. De plus, l'absence de feux de circulation enlève au piéton le sentiment que sa traversée est protégée (Guth et al., 2002), ce qui l'oblige à être d'autant plus attentif à la circulation pour traverser en toute sécurité.

Le sentiment du piéton est souvent défavorable vis-à-vis du giratoire puisque, en plus de l'impression d'insécurité, le piéton pense que sa traversée est plus longue que dans un carrefour conventionnel. Cependant, ces impressions sont fausses. Non seulement, lorsque les automobilistes respectent le code de la route, le piéton est plus en sécurité

dans le giratoire que dans d'autres types d'intersection mais, en plus, son temps de parcours y est également diminué relativement aux autres intersections (Wallwork, 1997 ; Van et Balmeffrezol, 2000 ; City of Lincoln, 2000a ; Oh et Sisiopiku, 2001 ; Stone et al., 2002).

### Handicapés, malvoyants et personnes âgées

Les problèmes concernant les piétons sont accrus pour les personnes présentant des difficultés à se déplacer telles que les personnes âgées, les handicapés moteurs, les malvoyants et les aveugles. De nombreuses études et réflexions sont actuellement menées aux États-Unis et en Europe sur cette question (Guth et al., 2002).

Même si selon Singer et Hicks (2000) 75 % des personnes de plus de 65 ans ont une impression favorable du giratoire, les personnes âgées sont toutefois souvent classées dans la population des moins adaptés au giratoire. Leur vitesse de déplacement plus lente que celle des autres piétons et leurs réflexes amoindris semblent responsables de ce classement.

Pour les personnes handicapées moteur comme pour les personnes âgées, le créneau nécessaire pour traverser est bien évidemment plus important que pour la personne en bonne santé, étant donné que leur vitesse de déplacement est plus faible (Guth et al., 2002).

Pour les personnes malvoyantes, l'étude de Guth et al. (2002) démontre qu'il existe une différence marquée entre les personnes ne pouvant utiliser que l'ouïe et celles pouvant utiliser l'ouïe et la vue, les deuxièmes éprouvant bien moins de difficultés à traverser l'approche. La principale difficulté est, selon les participants malvoyants de l'étude, de distinguer les véhicules circulant sur l'anneau de ceux se dirigeant vers la sortie, surtout lorsque le flux est important (ITE, 2002). Pour les malvoyants, trois secondes sont en fait nécessaires après le passage d'un véhicule pour savoir s'il leur est possible de

traverser, c'est-à-dire pour savoir s'ils ont suffisamment de temps entre ce véhicule et le prochain pour passer. Ainsi, lors de la première phase de la traversée, c'est-à-dire lors de la traversée de la voie de sortie, cette attente supplémentaire de trois secondes ne leur permet pas d'utiliser de nombreux créneaux pourtant sûrs.

Il est donc important pour ces types d'usager que le flux sortant du giratoire ne soit pas continu. Pour eux, le trafic dans un giratoire doit être à la fois suffisamment faible et discontinu pour permettre la présence de créneaux plus longs nécessaires à leur traversée. Guth et al. (2002) insistent sur l'utilité d'aménagements spécifiques améliorant la sécurité des malvoyants, comme la présence de barrières physiques, d'indices sur les lieux de traversée (bande au sol, indicateur sonore) et de feux de circulation activés sur demande du piéton.

De plus, lors de la deuxième phase de la traversée, c'est-à-dire lors de la traversée de la voie d'entrée, d'autres problèmes surgissent. Il est tout d'abord difficile pour les malvoyants de distinguer les véhicules déjà arrêtés au « cédez le passage » de ceux qui approchent sur la voie d'entrée (Guth et al., 2000 et 2002). Par ailleurs, une entrée de giratoire à plus d'une voie est défavorable à la traversée des malvoyants car il leur est alors particulièrement difficile de distinguer la présence, l'absence ou l'approche de véhicules sur la voie d'entrée.

Malgré ces problèmes souvent soulevés par les différentes associations de malvoyants, une étude (Stone et al., 2002) montre que, si le giratoire est correctement conçu, les malvoyants n'ont pas plus de difficultés à traverser un giratoire qu'un carrefour à feux. Il apparaît même parfois que le giratoire bien conçu est plus sécuritaire, grâce notamment à la vitesse réduite des véhicules et à la diminution des points de conflits entre piétons et véhicules. Selon Stone et al. (2002) et Retting (2002a), il serait même plus facile d'évaluer si on a le temps de passer dans un giratoire que dans un carrefour à feux.

Par ailleurs, les vitesses étant moins grandes dans un carrefour giratoire que dans un carrefour à feux, les automobilistes sont théoriquement plus à même de s'arrêter lorsque des piétons sont engagés sur le passage pour piétons (Wallwork, 1996 et 1997). Pour les malvoyants comme pour les autres types de piéton, leurs traversées seraient donc d'autant plus sécuritaires.

Finalement, Jacquemart (1998) affirme que si les aveugles se sentent plus en sécurité à un carrefour à feux que dans un giratoire, ils ne le sont cependant pas réellement. Le problème de la traversée du giratoire par les malvoyants semble être plus une question passionnelle et politique qu'un rigoureux débat scientifique. Ainsi, en Australie, il est déconseillé de placer un giratoire dans un quartier où on recense une forte population handicapée moteur ou malvoyante (Guth et al., 2002). En effet, comme le giratoire est un aménagement relativement récent, il suscite encore l'appréhension des divers usagers.

## **2.2 Conception et opération**

Il est primordial de se rappeler que le carrefour giratoire n'est pas la solution miracle à tous les problèmes de sécurité et de capacité des carrefours. Dès que l'environnement de l'intersection est suffisamment connu, le choix, la conception et la construction du carrefour giratoire doivent suivre une méthodologie rigoureuse. Bien sûr, plusieurs aspects du giratoire sont encore étudiés et controversés, mais le bilan économique positif de l'implantation des giratoires semble confirmé (Wallwork, 1997 ; Brilon et Vandehey, 1998).

### **2.2.1 Méthodologie de planification et de conception**

L'implantation d'un carrefour giratoire, au même titre que celle d'autres aménagements routiers, doit faire l'objet d'une étude rigoureuse permettant de savoir, d'une part, si le giratoire est la solution la plus adaptée au contexte rencontré et, d'autre part, quelles

doivent être ses caractéristiques pour qu'il réponde le plus adéquatement possible aux exigences et besoins de ce contexte. La mode du giratoire rencontrée partout dans le monde occulte souvent les limites de cet aménagement. L'erreur consiste alors en la mise en place d'un carrefour giratoire dysfonctionnel car non adapté à la situation. Seule une méthodologie rigoureuse permet d'utiliser le giratoire dans des conditions adéquates (CERTU, 2000a).

De plus, dans le cadre d'un développement homogène sur l'ensemble d'un territoire, il est préférable qu'une même méthodologie rigoureuse soit adoptée par les divers acteurs lors de la conception du carrefour. Des aménagements semblables permettraient aux usagers de se familiariser avec un seul type de giratoire, évitant des confusions dommageables (SWOV, 1996).

La méthodologie suivante peut être proposée (CERTU, 2000a ; U.S. Department of Transportation, 2000) :

- a. recueil des données du milieu d'implantation et des usagers ;
- b. définition et hiérarchisation des objectifs visés par le nouvel aménagement ;
- c. étude de variantes possibles sans discrimination ;
- d. comparaison et choix du type de carrefour par une analyse multicritère ;
- e. élaboration du projet en respectant les règles de l'art ;
- f. évaluation après réalisation et, éventuellement, correction des règles de l'art.

Ce type de méthodologie présente l'avantage d'étudier de façon exhaustive et objective toutes les possibilités sans éliminer d'emblée certains types de carrefours. Après le choix et la construction du carrefour, l'évaluation du projet (en terme de sécurité, coûts, insertion environnementale) permet de corriger certaines règles de l'art pour usage futur. Cela est d'autant plus important que le carrefour giratoire est un aménagement relativement récent.

### 2.2.2 Règles de conception à l'étranger

Cette section n'a pas l'ambition de concurrencer les nombreux articles et guides techniques en proposant des options et des solutions pour l'aménagement de carrefours giratoires. Elle ne fait que présenter certains points cruciaux ou controversés de leur conception afin d'éveiller le lecteur aux difficultés et aux subtilités de l'implantation des carrefours giratoires.

#### Géométrie et dimensions

Différents aspects géométriques et dimensionnels des giratoires sont actuellement sujets de nombreuses controverses.

Généralement, l'emprise d'un giratoire est plus importante que celle d'un carrefour conventionnel au lieu même de l'intersection (U.S. Department of Transportation, 2000). Le U.S. Department of Transportation (2000) précise que l'emprise est en fait seulement plus importante lorsque l'on dimensionne le carrefour pour le camionnage lourd, c'est-à-dire pour des véhicules de conception particulièrement longs. De toute façon, le nombre de voies sur les approches peut souvent être diminué de deux à une lors de la conversion en giratoire d'un ancien carrefour conventionnel. Le giratoire nécessite en effet moins de voie de stockage que les carrefours conventionnels, ce qui permet de réduire la largeur des approches (figure 11) (U.S. Department of Transportation, 2000).

Le diamètre extérieur semble être la dimension du giratoire la plus sensible aux nombreuses caractéristiques du milieu d'implantation que sont les flux, la vitesse de design, ou, plus important encore, le véhicule de design (New York State Department of Transportation, 2000). Le tableau IV donne un rapide ordre d'idée de l'influence des principaux paramètres.

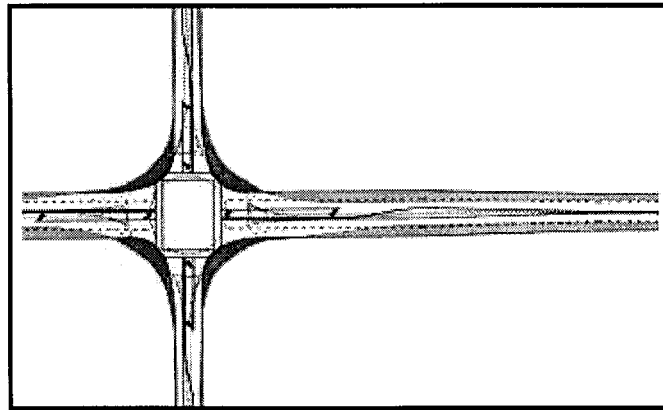


Figure 11 Visualisation de la place perdue (en rouge) et gagnée (en bleu) lors de la conversion d'un carrefour conventionnel en giratoire

(Source : adapté de U.S. Department of Transportation, 2000)

Dans les faits, le diamètre extérieur, comme toutes les autres dimensions du giratoire peut être modifié pour accueillir les différents flux de chaque type d'utilisateur. La capacité du giratoire est en effet augmentée lorsque la géométrie du giratoire est fluidifiée, c'est-à-dire lorsque la vitesse de circulation des automobiles est augmentée. Toutefois, si les véhicules se déplacent plus rapidement, le nombre et la gravité des accidents risquent de s'accroître, surtout si les flux de cyclistes ou de piétons sont importants. Un compromis doit donc être établi entre la capacité du giratoire et la sécurité des usagers (Wanderlof, 1995 ; Taekratok, 1998).

Afin d'augmenter la capacité du giratoire, les États-Unis (Jacquemart, 2002b) et le Traffic Design Group (2000) prônent l'aménagement d'un évasement des voies d'entrée. Un tel aménagement permet en effet d'augmenter le nombre de véhicules d'une même voie d'entrée qui peuvent s'insérer simultanément (figure 5) (Robinson et Rodegerdts, 2001). La sécurité des piétons et des cyclistes est cependant moins bien assurée lorsqu'un évasement est aménagé car les véhicules ont alors tendance à circuler à plus grande vitesse (Flannery, 1998 ; Jacquemart, 2002b ; Novellas, 2002b).



Un compromis proposé par Brûde et Larsson (2000) serait d'effectuer l'évasement sur la gauche de la voie d'entrée. De cette façon, la déflexion restant suffisamment prononcée, les effets néfastes de l'évasement seraient amoindris.

Tableau IV

Influence des principaux paramètres de conception sur le diamètre du giratoire

Paramètres	Diamètre (m)				
	13-25	25-30	30-40	45-55	55-60
Milieu d'implantation	urbain	urbain	urbain et rural	urbain et rural	rural
Vitesse de conception (km/h)	25	25	35	40	50
Nombre de voies par approches	1	1	1	2	2
Flux (véh/j)	10 000	15 000	20 000	35 000	35 000
Véhicule typique de design	Camion sans remorque	Camion sans remorque / Autobus	WB-15	WB-20	WB-20

(Source: adaptation de U.S. Department of Transportation, 2000)

Finalement, l'utilisation de la « courbe contre courbe » est discutée par les spécialistes. La « courbe contre courbe » est une succession de courbes à droite puis à gauche

placée avant le giratoire et qui a pour but de forcer les automobilistes à ralentir à l'approche du giratoire (figure 12). Elle n'est aménagée que dans les milieux ruraux et périurbains où les vitesses de circulation sont élevées. En France (Novellas, 2002b), la « courbe contre courbe » est abandonnée car, si ses bénéfices sont minimes, elle peut devenir dangereuse. Cependant, les États-Unis continuent pour leur part d'utiliser cet aménagement (Flannery et Elefteriadou, 1997 ; Jacquemart, 2002b) qui, en plus de faire ralentir les véhicules arrivant sur le giratoire, permet d'indiquer aux automobilistes qu'ils arrivent sur un aménagement routier particulier qui nécessite toute leur attention.

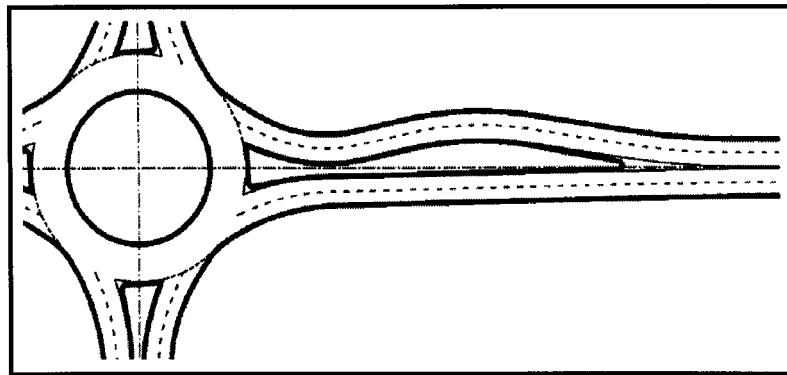


Figure 12 Courbe contre courbe

(Source : adapté de U.S. Department of Transportation, 2000)

### Conception structurelle

Dans un giratoire plus que dans les intersections classiques, les sollicitations de la chaussée sont particulièrement prononcées. Le fait que la chaussée soit annulaire provoque des désordres particuliers, liés à la giration des roues des véhicules : les roues extérieures exercent de fortes surcharges locales sur la chaussée (de l'ordre de 10-20 % selon une étude française et de plus de 60 % selon une étude belge) (CERTU, 2000b). Des désordres du type de l'orniérage et de l'arrachement sont ainsi souvent observés dans les giratoires.

Par ailleurs, les voies d'entrée et de sortie du giratoire sont soumises à de nombreux freinages et à de nombreuses accélérations de tous les véhicules, mais surtout des poids lourds et des autobus des transports en commun. Les charges ainsi infligées à la chaussée provoquent également d'importants désordres (CERTU, 2000b).

Par conséquent, il est primordial d'utiliser des bétons bitumineux ou de ciment de qualité suffisante pour que l'espérance de vie de la chaussée soit suffisamment longue, tout en tenant bien sûr compte de l'environnement (précipitations et cycles de gel-dégel notamment). Afin de limiter les désagréments dus aux travaux (qui sont particulièrement gênant dans le cas des giratoires), le CERTU (2000b) conseille un cycle de vie de 20 ans. Pour ce faire, il conseille notamment la pose d'une couche de roulement de 60 mm d'épaisseur de béton bitumineux (au-delà de 60 mm, la formation d'ornières est favorisée et, en deçà de 60 mm, le risque de décollement est élevé).

#### Marquage et signalisation

Le marquage et la signalisation prennent une grande place dans la construction d'un giratoire car leur rôle y est encore plus important que dans les autres types d'aménagement (Rahman et Hicks, 1994 ; Traffic Design Group, 2000). Ceci est d'autant plus vrai si le giratoire est un aménagement nouveau pour les usagers. Un effort important doit donc être fourni au niveau de la signalisation, les premiers temps suivant l'implantation du giratoire, afin d'indiquer comment utiliser ce type d'intersection et d'avertir, dans le cas d'un réaménagement d'intersection, de la présence de cette nouvelle configuration du carrefour (Wanderlof, 1995). C'est pourquoi la signalisation avancée est très importante dès les premiers instants d'opération (Novellas, 2002b).

Dans un souci de rappeler aux automobilistes arrivant sur l'anneau l'obligation de céder le passage aux véhicules circulant sur l'anneau, il est nécessaire de placer des panneaux « cédez le passage » à la ligne de « cédez le passage ». En France (Novellas, 2002b), même si le panneau signalant un giratoire suffit légalement pour

avertir les gens du régime de priorité particulier s'appliquant au carrefour, la présence du panneau « cédez le passage » reste fortement recommandée.

Par ailleurs, la question du marquage des voies sur la chaussée annulaire de plus de deux voies est souvent soulevée. En effet, en Nouvelle-Zélande (Traffic Design Group, 2000), le marquage au sol des différentes voies sur l'anneau est obligatoire afin d'organiser le trafic pour assurer la sécurité des usagers. Cependant, en France (Novellas, 2002b), ce type de marquage est retiré des plus petits giratoires (giratoires à deux voies) où sa présence est perçue comme donnant une fausse impression de sécurité. L'absence de marquage rend l'automobiliste plus alerte et plus attentif aux autres véhicules, ce qui augmente le niveau de sécurité du carrefour (au détriment de l'impression de sécurité ressentie par les usagers !). Aux États-Unis (Jacquemart, 2002b), cette question est encore en étude à l'heure actuelle.

### Cyclistes

En ce qui concerne les cyclistes, plusieurs aménagements spécifiques peuvent être proposés : la bande cyclable (figure 13), la piste cyclable (figure 14) et la circulation avec les piétons (CERTU, 1993). Toutefois, ces aménagements ne sont recommandés que lorsque le nombre de cyclistes à l'intersection est relativement important. Pour des giratoires de moins de 8 000 véhicules par jour et une largeur de la voie sur l'anneau de moins de 5 mètres, les cyclistes peuvent en effet se mêler à la circulation automobile sans danger important (Taekratok, 1998).

La bande cyclable permet aux cyclistes de rester sur la chaussée, avec les véhicules motorisés, mais sur une bande qui leur est expressément réservée (figure 13). Ainsi, leur circulation reste sécuritaire tant que le giratoire ne permet pas aux véhicules de circuler trop rapidement (Wallwork et Newberry, 2002). Toutefois, Jacquemart (1998) et le U.S. Department of Transportation (2000) mentionnent que cet aménagement devrait être évité car il augmente le nombre de conflits potentiels, au droit des sorties du

giratoire, entre les cyclistes circulant sur la bande cyclable et les automobilistes désirant quitter le giratoire.

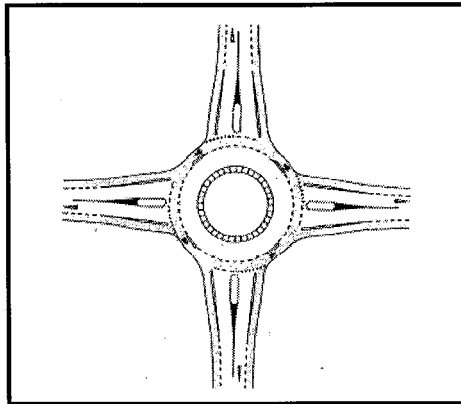


Figure 13 Bande cyclable sur l'anneau du giratoire

(Source : Taekratok, 1998)

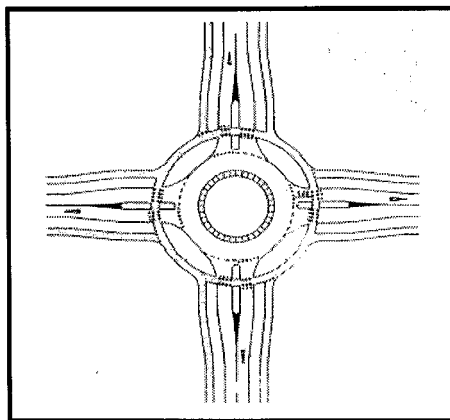


Figure 14 Piste cyclable à l'extérieur du giratoire

(Source : Taekratok, 1998)

La piste cyclable et la circulation avec les piétons sont deux autres solutions qui amènent le cycliste à circuler hors de la chaussée annulaire (Elbadrawi, 2000). Ces

deux options sont utilisées lorsque soit le volume du trafic, soit sa vitesse, soit la largeur de l'anneau est trop important pour permettre aux cyclistes de circuler en toute sécurité. Le choix de l'une ou l'autre des deux options se fait alors selon les débits respectifs de piétons et de cyclistes. La circulation avec les piétons reste toutefois peu appréciée des cyclistes car ils sont alors obligés de descendre de leur vélo (SWOV, 1996 ; Brilon et Vandehey, 1998).

### Piétons

Pour le piéton, quelques aménagements doivent être effectués afin que sa traversée du giratoire soit la plus sûre possible. Tout d'abord, l'îlot séparateur doit être suffisamment large pour que les piétons puissent s'y réfugier s'ils ne parviennent pas à traverser l'approche en une seule fois (figure 15) (Rahman et Hicks, 1994). Ensuite, tout doit être entrepris pour empêcher le piéton de traverser de façon illégale. A cette fin, des murets ou bosquets dissuasifs peuvent être disposés le long du trottoir (figure 15) (Taekratok, 1998 ; Bared et Kaiser, 2002 ; Wallwork et Newberry, 2002). Finalement, certains recommandent jusqu'à l'installation de feux disponibles sur demande (Guth et al., 2002) et de signalisation lumineuse indiquant la présence d'un passage piétonnier (ITE, 2002). Ainsi, en Suisse (Roland, 2003), en milieu urbain, tous les giratoires sont équipés de feux de circulation activés par les piétons.

Le passage piétonnier doit être le plus visible possible par les véhicules afin que les traversées des piétons soient les plus sécuritaires. Pour en augmenter la visibilité, il est recommandé que le passage soit légèrement surélevé (ITE, 2002) et marqué par des zébras (SWOV, 1998 ; Brilon et Vandehey, 1998 ; ITE, 2002) (figure 16). L'emploi d'enrobés bitumineux colorés peut être également recommandé pour une meilleure visibilité du passage piétonnier (figure 16). Le passage doit par ailleurs toujours se trouver en retrait d'une longueur de voiture par rapport à la ligne de « cédez le passage » afin que les automobiles arrêtées ne gênent pas la traversée des piétons (Brilon et Vandehey, 1998 ; Taekratok, 1998 ; Wallwork et Newberry, 2002).

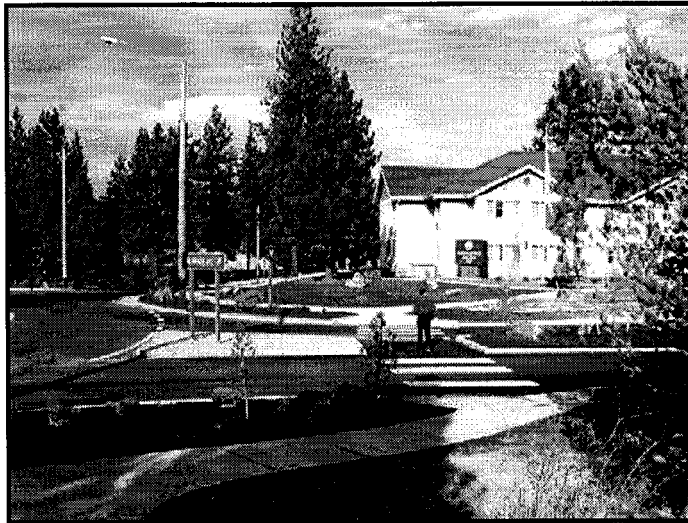


Figure 15 Aménagement de l'îlot central et de bosquets dissuasifs le long de l'allée piétonnière

(Source : MTQ)



Figure 16 Passage piétonnier surélevé, marqué en zébra sur un enrobé coloré

(Source : MTQ)

Certains aménagements, pour répondre spécifiquement aux besoins des handicapés et des malvoyants, doivent également être prévus (Retting, 2002). Guth et al. (2002) et Bared et Kaisar (2002) insistent notamment sur l'utilité de la présence de barrières physiques, d'indices sur les lieux de traversée (bande de texture particulière au sol, indicateur sonore) et, le cas échéant, de feux de circulation activés sur demande du piéton lorsque les conditions de traversée sont trop périlleuses.

### Aménagement paysager

Le carrefour giratoire, par sa configuration, permet de créer une rupture entre deux zones différentes. Dans bien des cas, son traitement architectural donne naissance à de magnifiques îlots centraux, symboles de l'entrée dans une ville, témoignant du patrimoine de la municipalité ou mettant en valeur une architecture paysagère particulière (figure 17). Le carrefour giratoire est ainsi un outil que les urbanistes et les architectes aiment employer pour son effet de porte et de transition (Jacquemart, 1996).

Certaines règles doivent être observées lors de l'aménagement paysager. Ainsi, l'éclairage et l'aménagement du mobilier urbain sur les bas-côtés doivent être traités de telle sorte qu'ils ne produisent pas d'effet de couloir (Brilon et Vandehey, 1998 ; CERTU, 1999 ; Traffic Design Group, 2000). L'effet de couloir a la propriété d'hypnotiser les automobilistes et les empêche de bien discerner l'arrivée sur un giratoire. Il peut par conséquent entraîner des accidents. L'aménagement de l'éclairage au giratoire doit donc rompre avec l'éclairage du reste de la voirie, que ce soit par son intensité ou sa couleur. Il doit éveiller les automobilistes pour les inciter à être attentifs. L'autre rôle de l'éclairage est de permettre une bonne visibilité des zones de conflits, notamment des passages piétonniers et des pistes et bandes cyclables (Taekratok, 1998 ; Novellas, 2002b).



L'aménagement de l'îlot central est l'un des principaux atouts du giratoire car il permet l'identification urbanistique du lieu à son environnement de manière esthétique (Wallwork, 1996). Il doit cependant respecter le milieu d'implantation et la sécurité des usagers. En milieu rural, aucun objet massif et dur ne doit être disposé sur l'îlot. En cas de perte de contrôle, les automobilistes peuvent être amenés à traverser l'îlot et tout obstacle trop massif deviendrait dangereux (Brilon et Vandehey, 1998 ; Van et Balmeffrezol, 2000 ; Novellas, 2002b). De plus, l'aménagement paysager ne doit pas nuire à la visibilité dans l'intersection (Taekratok, 1998 ; Bared et Kaiser, 2002 ; ITE, 2002).

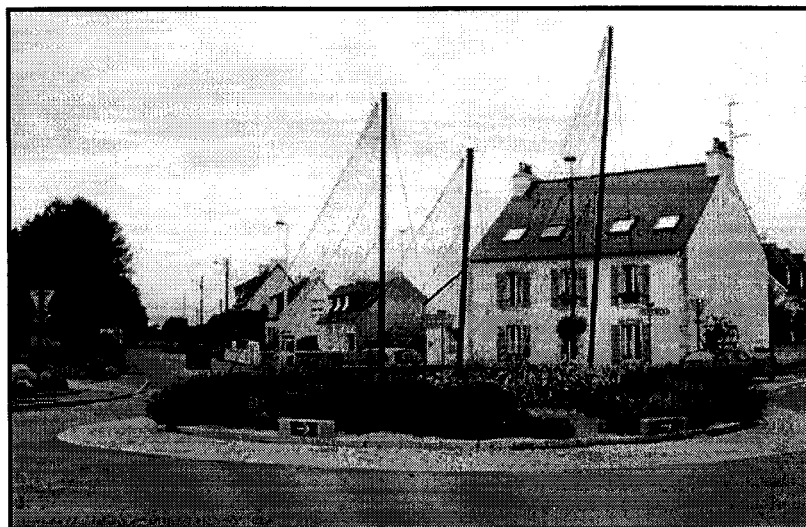


Figure 17 Aménagement de l'îlot central du giratoire de Névez

(Source : Marc Lescuyer)

### 2.2.3 Coûts de construction

Les coûts de construction d'un carrefour giratoire varient très fortement avec les dimensions de celui-ci. Le nombre de voies sur chaque approche, le nombre de voies

sur l'anneau, la largeur des voies, le diamètre extérieur du giratoire et l'aménagement paysager font partie des nombreux facteurs de variation des coûts.

Selon le U.S. Department of Transportation (2000), le coût des projets aux États-Unis est généralement compris entre 15 000 \$ et 750 000 \$, selon l'envergure du projet. En fait, du point de vue du coût, le carrefour giratoire est plus avantageux que les carrefours à feux dans le seul cas où un réaménagement majeur du carrefour est envisagé ou bien lors de la construction d'un nouveau carrefour. Dans le cas d'un réaménagement mineur, l'ajout de feux de circulation se révèle moins coûteux. (City of Lincoln, 2001b)

La figure 18 présente la répartition des coûts de construction d'un carrefour giratoire d'après une étude menée par le Maryland (Jacquemart, 1998) :

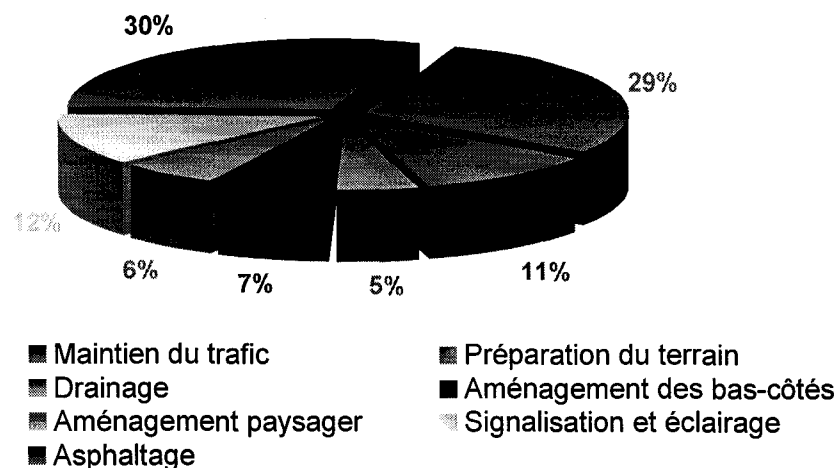


Figure 18 Répartition des coûts lors de la construction d'un giratoire

(Source : adaptation de Jacquemart, 1998)

Comme le montre la figure 18, les coûts de construction d'un giratoire sont de nature et d'importance relative différentes de ceux des carrefours conventionnels. Il existe en effet quelques aménagements obligatoires dans un giratoire absents dans les autres types d'intersection. Il faut prendre garde que certains de ces coûts, comme ceux reliés à l'aménagement paysager ou à l'éclairage, sont susceptibles de varier très fortement selon le type d'aménagement souhaité par les concepteurs.

#### 2.2.4 Coûts d'opération

L'entretien d'un giratoire, comme celui des autres types de carrefour, consiste autant en l'entretien de la chaussée qu'en celui de ses abords. L'entretien du marquage, de la signalisation et de l'éclairage dans un carrefour giratoire est toutefois plus coûteux que dans un carrefour conventionnel (Wallwork, 1996).

De plus, certains coûts additionnels tels que l'entretien paysager (comprenant la taille et l'élagage des arbres et arbustes, la tonte et l'irrigation de la pelouse) sont des coûts pouvant devenir particulièrement importants dans un giratoire.

Contrairement aux carrefours à feux avec lesquels on les compare souvent, les coûts reliés au fonctionnement des feux tels que l'électricité, le remplacement des ampoules et la détection de défaillance sont bien sûr inexistantes (Hétu, 2000 ; Brown County Planning Commission, 2001).

#### Coûts d'opération

Les coûts directs d'exploitation des giratoires sont encore mal connus étant donné la diversité des cas de figure. On peut cependant noter que l'absence d'entretien des feux engendre une économie de 3 000 à 5 000 \$ par année (5 000 selon l'IIHS, 2000; 3 000 selon le U.S. Department of Transportation, 2000). À Vail, au Colorado, on dit même faire des économies de l'ordre de 85 000 \$ par année pour tout un système

d'échangeur qui a été remplacé par deux carrefours giratoires de style échangeur-lunette (figure 19) (Ourston et Hall, 1997 ; IIHS, 2000).

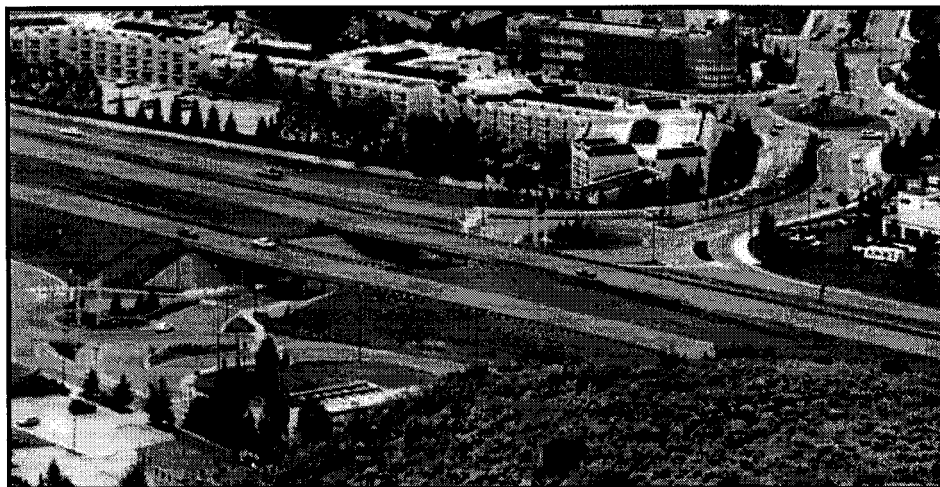


Figure 19 Échangeur de Avon, au Colorado

(Source : MTQ)

Le U.S. Department of Transportation (2000) indique pour sa part que les coûts d'opération d'un giratoire sont plus importants que ceux d'un carrefour à arrêts mais moins que ceux d'un carrefour à feux. Cette estimation tient notamment compte des bénéfices dus aux gains en sécurité de chaque type d'utilisateur, en retard de circulation et en environnement.

#### Bénéfices sociaux généraux

Le coût social des congestions est également un paramètre pouvant entrer en ligne de compte dans une étude des coûts et bénéfices du giratoire. En effet, le U.S. Department of Transportation (2000) estime que le giratoire permet de gagner de l'argent en diminuant l'attente dans le carrefour. Le temps qui n'est pas passé dans les congestions peut être utilisé par les automobilistes pour travailler. Bien que ces

bénéfices environnementaux restent très difficiles à évaluer, la productivité de la collectivité n'en est pas moins améliorée.

#### Bénéfices en sécurité

Selon le National Safety Council (U.S. Department of Transportation, 2000), chaque accident, selon sa gravité, induit de forts coûts pour la communauté à cause de l'immobilisation du trafic et de l'intervention des services d'urgences. Les coûts, en fonction de la gravité de l'accident, s'élèvent à :

- a. 1 470 000 \$ par accident entraînant la mort ;
- b. 51 000 \$ par accident entraînant des blessures ;
- c. 9 600 \$ par accident n'entraînant que des dommages matériels.

Comme on le sait, le remplacement d'un carrefour classique par un giratoire permet une baisse du nombre et de la gravité de leurs accidents. En considérant, d'une part, les coûts cités précédemment et, d'autre part, les diminutions observées du nombre total d'accidents lors de la conversion d'un carrefour en giratoire, on observe un gain important au niveau du coût social.

Au Maryland, suite à la conversion de carrefours à arrêts en giratoires, le nombre d'accidents entraînant des blessures est passé de 3 à 0,5 par année et par giratoire. Ceci a représenté une économie de 306 000 \$ par année et par giratoire. L'implantation de giratoires permet donc de diminuer les coûts sociaux de façon drastique, surtout aux intersections engendrant beaucoup d'accidents.

#### Bénéfices environnementaux

Relativement aux carrefours à feux ou, dans une moindre mesure, au carrefour à arrêts, la réduction de la fréquence et de la durée moyenne des arrêts des véhicules

dans un giratoire entraîne une diminution du carburant consommé (IIHS, 2001 ; Züger et al., 2001). À Gorham, aux États-Unis (Garder, 2002), le nombre d'arrêts quotidiens est ainsi passé de 12 000 à 3 000 lors de la conversion d'un carrefour à feux en giratoire. À Växjö, en Suède, lors d'une semblable conversion, le nombre d'arrêts complets a été divisé par trois selon Varhelyi (2002).

Cette importante diminution du nombre d'arrêts entraîne une baisse notable de la consommation de carburant (baisse de 28 % selon Varhelyi, 2002) et, par conséquent, une réduction sensible des rejets de gaz polluants dans l'atmosphère (réduction de 20 à 30 % selon le type de gaz, d'après Hyden et Varhelyi (2000) et Varhelyi (2002)), diminuant d'autant les efforts à mener pour conserver un air raisonnablement sain (Rahman et Hicks, 1994 ; Redington, 1995 ; Ourston et Hall, 1997 ; Bergh, 1998 ; IIHS, 2000). Dans le contexte du protocole de Kyoto, un tel aspect peut donc se révéler intéressant pour les différents responsables territoriaux.

#### Autres bénéfices non quantifiables

Le giratoire contribue également à réduire diverses pollutions reliées à la circulation des véhicules qui ne sont pas quantifiables monétairement. D'après (Brilon et Vandehey, 1998 ; Belovski et Chevalier, 2000 ; IIHS, 2000 ; Siegman, 1999), le volume sonore est notablement réduit après la conversion en carrefour giratoire d'un carrefour à feux ou à arrêts (réduction de 6 dB(A) dans le cas présenté par Belovski et Chevalier (2000) et de 4dB(A) dans celui présenté par Hyden et Varhelyi (2000)). Les freinages et accélérations des véhicules sont en effet moins nombreux et moins prononcés que dans les carrefours conventionnels. C'est donc un aménagement qui convient mieux aux quartiers résidentiels que les arrêts et les feux.

Par ailleurs, d'un point de vue visuel, le giratoire est reconnu comme étant un point d'attraction et d'identification. Pour le voisinage, le giratoire, aménagement aéré et

esthétique, est certainement préférable à un banal et inesthétique carrefour à feux (Belovski et Chevalier, 2000 ; Siegman, 1999).

## **2.3 Capacité**

La capacité est souvent citée comme étant un des principaux bénéfices de l'installation des carrefours giratoires. Ses répercussions sur la fluidité de la circulation sont en effet indéniables. Il demeure cependant que de nombreux facteurs limitent cette capacité.

### **2.3.1 Facteurs déterminant la capacité d'un giratoire**

Quel que soit le type d'intersection, la capacité de celle-ci est déterminée par de nombreux facteurs. Ici sont donc présentés les principaux facteurs déterminant la capacité d'un carrefour à sens giratoire.

#### Géométrie

Bien sûr, la capacité d'un giratoire est tout d'abord fixée par ses dimensions. En effet, augmenter le nombre de voies à l'entrée ou sur l'anneau a par exemple une incidence directe sur le flux pouvant traverser le carrefour. Ainsi, selon Boender (1999) et De Leeuw et al. (1999), un giratoire d'une voie sur l'anneau possède une capacité de 20 000 à 25 000 véhicules par jour alors qu'un giratoire à deux voies sur l'anneau avec des voies d'approches doubles permet d'atteindre une capacité de 35 000 à 40 000 véhicules par jour.

En fait, toutes les caractéristiques géométriques du giratoire ont une influence sur sa capacité. En modifiant la fluidité de la géométrie (rayon extérieur, de sortie et d'entrée), on modifie la vitesse de circulation des véhicules dans le giratoire, ce qui modifie également le nombre de véhicules pouvant traverser le giratoire par unité de temps (Al-Massaeid et Faddah, 1996 ; Al-Massaeid, 1999).

L'étude menée par Tan (2001) est basée sur les simples caractéristiques géométriques des intersections et la distribution des flux. Elle conclue que, en général, pour des dimensions raisonnables d'intersection (intersection dont les approches possèdent une ou deux voies chacune), le carrefour giratoire possède une meilleure capacité que le carrefour contrôlé par des feux de circulation. Toutefois, pour les carrefours aux dimensions exceptionnellement grandes (trois voies sur les approches principales avec voies de « tourne à gauche »), le carrefour à feux demeurerait plus performant.

#### Répartition des flux aux approches

La répartition des divers flux aux approches des giratoires est un des facteurs critiques (Rahman et Hicks, 1994 ; Belovski et Chevalier, 2000 ; New York State Department of Transportation, 2000). Une relation conflictuelle existe entre les véhicules circulant sur l'anneau et ceux pouvant y pénétrer. Plus il y a de véhicules circulant sur l'anneau, moins il y en a qui peuvent y entrer, et inversement (Brilon et Vandehey, 1998 ; Boender, 1999). Mais d'autres types de distribution de flux (telle que la proportion des mouvements de « tourne à gauche » pour chacune des approches) entrent également en jeu dans le calcul de la capacité d'un giratoire. Les divers logiciels disponibles sur le marché s'appuient sur différentes approches et hypothèses afin d'affiner la connaissance de l'influence de la distribution des flux sur la capacité des giratoires (Akçelik et al., 1998).

On peut toutefois tirer quelques grandes lignes de l'expérience acquise. Tout d'abord, si le giratoire est placé à l'intersection d'une voie principale avec un important trafic et d'une voie locale à faible trafic, les véhicules circulant sur la voie locale auront du mal à s'insérer dans le flux continu provenant de la voie principale (Wallwork, 1997 ; U.S. Department of Transportation, 2000). Des giratoires à l'intersection d'une voie principale et d'une voie secondaire défavorisent donc la circulation sur la voirie secondaire. Il semble par conséquent plus pertinent de placer un giratoire à intersection de voies aux flux relativement proches.



Ensuite, à flux égal sur les différentes approches, les véhicules circulant sur la route principale perdent l'avantage de circuler sur une voie principale puisqu'ils perdent la priorité sur les autres voies en traversant le giratoire. Un giratoire est donc préférablement placé à l'intersection de routes d'importance similaire (Taekratok, 1998).

### Vitesses

La capacité d'un giratoire dépend, outre de sa géométrie et de la répartition des flux, de la vitesse des véhicules (Brilon et Vandehey, 1998 ; Boender, 1999). La vitesse de circulation dans un giratoire est réduite par rapport à celle dans un carrefour à feux grâce à la présence de la déflexion qui oblige l'automobiliste à ralentir pour suivre la trajectoire dictée par le giratoire.

L'automobiliste s'immobilise toutefois moins longtemps et moins fréquemment dans un giratoire que dans un carrefour à feux ou à arrêts, ce qui raccourcit finalement son temps de traversée de l'intersection (U.S. Department of Transportation, 2000). Même si sa vitesse est moindre dans le carrefour même, sa vitesse moyenne de traversée est plus élevée en raison de l'absence d'arrêt obligatoire. La frustration d'un arrêt ou d'un feu est ainsi évitée tout en obtenant une capacité similaire sinon supérieure à celle des autres types de carrefour (Ourston et Hall, 1997).

### Usagers

Le type d'utilisateur peut également limiter la capacité d'un giratoire. Les piétons traversant les approches possèdent un effet non négligeable sur la capacité du giratoire. Plus le nombre de piétons traversant les approches augmente, moins les véhicules circulant sur l'anneau parviennent aisément à entrer ou à sortir du giratoire (CERTU, 1993 ; Brilon et Vandehey, 1998 ; Boender, 1999). De la même façon, les

véhicules exceptionnellement longs et les cyclistes, lorsqu'ils sont en nombre important, limitent la capacité du giratoire à cause de leur lenteur relative (De Leeuw et al., 1999).

### 2.3.2 Performances générales en capacité

De façon générale, on remarque que pour un trafic de 1500 véh/h (total des débits entrants aux différentes approches), il n'y a, dans des conditions normales d'utilisation, pas de problème de circulation. Pour un trafic compris entre 1500 et 2500 véh/h, un examen de la répartition des flux est nécessaire. Et, finalement, pour un trafic de plus de 2500 véh/h, un test de capacité est indispensable (CERTU, 1999 ; Van et Balmeffrezol, 2000). Le SWOV (1998), Van et Balmeffrezol (2000) et Bared et Kaisar (2002) rapportent pour leur part que les giratoires fonctionnent bien jusqu'à 4000 véh/h (et parfois même 5000) s'ils sont bien conçus et si la répartition des mouvements des usagers est suffisamment uniforme.

Wallwork et Newberry (2002) et Siegman (1999) annoncent que, de façon générale, l'installation des giratoires à la place de carrefours à feux permet d'augmenter en moyenne la capacité des carrefours de 30 %.

Toutefois, dans le cas de giratoires fonctionnant près de leur limite de capacité, des retards et des files d'attente sont à prévoir. Ainsi, en France, le CERTU (Novellas, 2002b) rapporte le démantèlement de quelques carrefours giratoires à capacité trop faible. Certains giratoires avaient été implantés à certaines sorties d'autoroutes où le trafic important dépassait fortement la capacité maximale du giratoire.

Afin d'éviter de telles déconvenues, il est recommandé de prévoir une capacité du giratoire suffisante pour gérer le flux de véhicules à l'heure de pointe. À cette fin, le U.S. Department of Transportation (2000) et Flannery (2001) conseillent une conception surdimensionnée du giratoire pour que le trafic à l'heure de pointe ne dépasse pas 85 % de la capacité maximale du carrefour giratoire pendant cette période. Toutefois,

un tel surdimensionnement, en augmentant la vitesse de circulation des véhicules, risque d'atténuer le bénéfice sécuritaire.

### 2.3.3 Files d'attente, retards et niveaux de service

Le retard, la file d'attente et le niveau de service sont directement liés à la capacité du giratoire. Plus la capacité est grande, plus le retard est faible, la file d'attente courte et le niveau de service satisfaisant.

#### En milieu urbain

Contrairement à ce qui est ressenti par les usagers (Wallwork, 1997), une étude américaine montre qu'en milieu urbain, le retard diminue entre 76 et 78 % à l'installation de giratoire (Jacquemart, 1998). Le U.S. Department of Transportation (2000) montre également que, en ville, le retard est toujours plus faible dans un giratoire que dans un carrefour à feux, quelle que soit la distribution des flux dans le carrefour (figure 20).

Une étude présentée par le U.S. Department of Transportation (2000) montre que pour toutes les conditions de circulation (« tourne à gauche », débit de circulation et nombre de voies sur les approches), le retard est moindre pour un carrefour giratoire que pour un carrefour à feux.

À Towson, au Maryland, un giratoire de deux voies sur l'anneau a ainsi été construit pour remplacer un système de contrôle par feux de circulation sur un carrefour où circulent quotidiennement 50 000 véhicules. Les résultats obtenus en matière de capacité sont excellents. Le niveau de service le matin est passé de B à A alors que celui du soir est passé de E à B. Les retards ont pour leur part diminué le matin comme le soir respectivement de 70 % et 58 % (Office of Traffic and Safety, 2001).

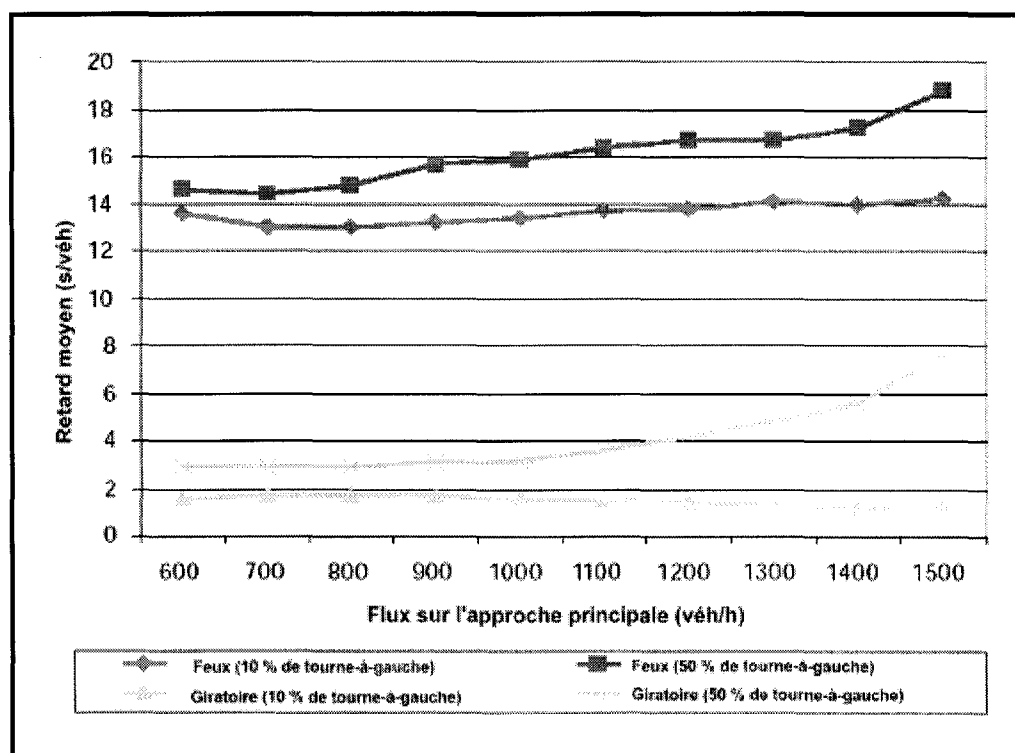


Figure 20 Comparaison des retards à un giratoire et à un carrefour à feux pour différents pourcentages de « tourne à gauche »

(Source : adaptation de U.S. Department of Transportation, 2000)

#### En milieu rural et périurbain

Pour ce qui est du milieu rural, une étude réalisée au Kansas (Russell et al., 2002) à l'aide du logiciel SIDRA (tableau V) permet de comparer 4 types d'intersection que l'on retrouve plus souvent en milieu interurbain :

- carrefour à deux arrêts ;
- carrefour à quatre arrêts ;
- carrefour à quatre arrêts avec voies de tourne à gauche ;

d. giratoire.

La comparaison des performances de ces divers types d'intersections est effectuée grâce à plusieurs éléments de mesure :

- a. longueur des queues : longueur moyenne des queues sur l'ensemble des approches ;
- b. retard moyen : retard moyen des véhicules sur l'ensemble des approches ;
- c. retard moyen maximal : retard moyen des véhicules sur l'approche où le retard moyen est le plus élevé ;
- d. proportion d'arrêt : sur l'ensemble des approches, proportion des véhicules entrant dans le giratoire devant s'arrêter pour céder le passage ;
- e. proportion maximale d'arrêt : proportion des véhicules entrant dans le giratoire devant s'arrêter pour céder le passage sur l'approche où la proportion d'arrêt est la plus élevée ;
- f. degré de saturation : rapport du débit total réel à l'intersection sur la capacité théorique du giratoire (ratio  $v/c$ ).

Dans le tableau V, on constate que le giratoire est une alternative qui présente les meilleurs résultats autant de façon globale que de façon particulière, pour chacun des éléments mesurés. Des résultats comparables sont également rencontrés par l'étude théorique effectuée par le U.S. Department of Transportation (2000) et par Luttrell et al. (2000) dans le cadre d'une comparaison du giratoire avec des carrefours à quatre ou à deux arrêts. Lorsque le giratoire est correctement conçu, ses performances en terme de gestion de la circulation semblent donc particulièrement intéressantes.

Tableau V

Efficacités relatives des intersections

Élément mesuré	Classement de la performance des différents types d'intersection	Meilleur système de contrôle
Longueur des queues	$G_i \leq 4G = 2A \leq 4A$	Giratoire
Retard moyen	$G_i = 2A \leq 4A \leq 4G$	Giratoire/Intersection à deux arrêts
Retard moyen maximal	$G_i \leq 2A \leq 4A \leq 4G$	Giratoire
Proportion d'arrêt	$G_i \leq 2A \leq 4G \leq 4A$	Giratoire
Proportion maximale d'arrêt	$G_i \leq 2A \leq 4G \leq 4A$	Giratoire
Degré de saturation	$G_i \leq 2A \leq 4A \leq 4G$	Giratoire

$G_i$  : giratoire

$2A$  : intersection à deux arrêts

$4A$  : intersection à quatre arrêts

$4G$  : intersection à quatre arrêts avec voies de tourne à gauche

(Source : adaptation de Russell et al., 2002)

## 2.4 Sécurité

La sécurité est souvent présentée comme le principal avantage du giratoire. Mais, dans les faits, s'il est mal conçu, le giratoire peut se révéler être une arme à double tranchant.

#### 2.4.1 Statistiques selon le type d'usager

Les statistiques d'accidents à l'étranger témoignent toutes d'une amélioration de la sécurité des usagers lors du passage d'un carrefour conventionnel à un carrefour giratoire. Toutefois, les statistiques montrent une différence dans l'évolution du nombre d'accidents selon le type d'usager considéré.

##### Véhicules motorisés

Concernant les véhicules motorisés, l'amélioration de la sécurité lors de l'implantation d'un giratoire est constatée partout. Le modèle du Maryland est à ce propos l'un des exemples les plus frappants. Au Maryland (Office of Traffic and Safety, 2001), le nombre d'accidents à chacune des intersections a en effet subi une très forte baisse lors de la conversion d'intersections conventionnelles en carrefours giratoires : de 64 % pour le nombre total des accidents et de 83 % pour le nombre d'accident entraînant des dommages corporels (figure 21).

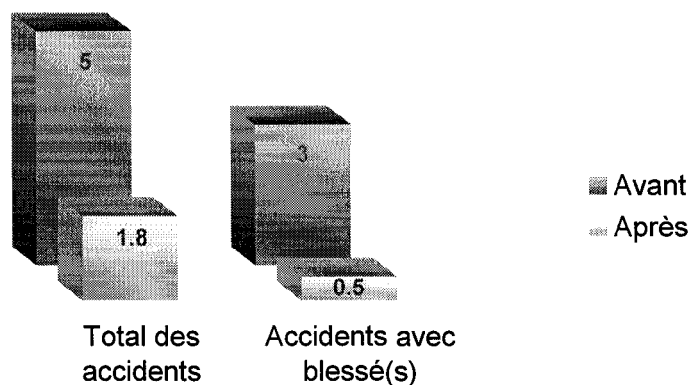


Figure 21 Nombre moyen annuel d'accidents avant et après la conversion en giratoire

(Source : adaptation de Office of Traffic and Safety, 2001)

Ce type de bon résultat, sans distinction des caractéristiques des giratoires, se retrouve un peu partout dans les expériences étrangères (Redington, 1995). Il est cependant intéressant d'entrer un peu plus dans les détails des statistiques afin de savoir quel type de giratoire semble le plus sécuritaire et grâce à quelles caractéristiques particulières il l'est.

Tout d'abord, l'expérience française (Jacquemart, 1998) montre que plus la taille du giratoire est grande, plus les accidents sont nombreux (tableau VI). Même si les giratoires les plus larges supportent souvent des débits d'automobiles plus importants, il semblerait donc que les diamètres les plus restreints présentent de meilleurs résultats en matière de sécurité. Cette hypothèse est confirmée par d'autres expériences étrangères (U.S. Department of Transportation, 2000 ; Elvik, 2003).

Tableau VI

Influence du diamètre extérieur du giratoire sur le nombre d'accidents

Diamètre extérieur	Nombre d'accidents par giratoire et par année
Moins de 30 m	0,69
Entre 30 et 50 m	1,54
Entre 50 et 70 m	1,58
Entre 70 et 90 m	1,81
Plus de 90 m	3,80

(Source : adaptation de Jacquemart, 1998)

Aux États-Unis (U.S. Department of Transportation, 2000), on observe que la baisse du nombre d'accidents lors de la conversion d'un carrefour conventionnel en giratoire



concerne plus particulièrement les giratoires de taille modérée (tableau VII). Les giratoires dont le diamètre extérieur excède 30 mètres n'offrent que 57 % de la réduction du nombre d'accidents des giratoires de diamètre inférieur à 30 mètres.

Ensuite, il apparaît que la conversion d'une intersection en carrefour giratoire est plus profitable lorsque le giratoire a une voie sur l'anneau plutôt que deux (IIHS, 2000 ; Persaud et al., 2000 ; Retting, 2002 ; Wallwork et Newberry, 2002). La diminution du nombre d'accidents est en effet plus importante dans le premier cas que dans le second (respectivement 60 % et 15 % de réduction du nombre d'accidents).

Tableau VII

Influence sur la réduction du nombre d'accidents de la conversion de l'intersection en giratoire selon son diamètre extérieur

Diamètre extérieur du giratoire	Réduction du nombre d'accidents (%)		
	Avec dommages corporels	Avec dommages matériels seulement	Totale
Moins de 30 m	73	32	51
Plus de 30 m	31	10	29

(Source : adaptation de U.S. Department of Transportation, 2000)

Finalement, on observe qu'un giratoire de forme ovale provoque plus d'accidents qu'un giratoire de forme parfaitement circulaire (SWOV, 1998 ; U.S. Department of Transportation, 2000). En France (U.S. Department of Transportation, 2000), le taux d'accident à ce type de giratoire est 5,13 fois plus élevé qu'aux giratoires circulaires (4 accidents par giratoire et par année au lieu de 0,78).

À Towson, aux États-Unis, un giratoire ovale a été aménagé en remplacement d'une intersection complexe contrôlé par des feux de circulation (figure 22). Le nombre total d'accidents, lors de cette conversion, a augmenté de 2,6 à 10 accidents par année. Cependant, le nombre annuel d'accidents entraînant des dommages corporels est passé de 4,2 à 1,5. Par conséquent, même si le nombre d'accidents augmente, on constate encore une fois que le nombre de blessés est toujours diminué.



Figure 22 Giratoire ovale de Towson, Maryland

(Source : MTQ)

### Deux roues

La population des deux roues est celle qui semble la moins favorisée en matière de sécurité lors de l'installation de giratoire. En Hollande (Boender, 1999), toutefois, une forte diminution du nombre d'accidents est enregistrée, quel que soit le type d'utilisateur. En effet, contrairement à ce qui est observé dans la plupart des autres pays, cette forte baisse est également valable pour tous les types de deux-roues, et pour les cyclistes en particulier (44 % de réduction du nombre de blessés lors de la conversion de

l'intersection en giratoire). Cette étonnante situation peut s'expliquer par le fait que les cyclistes sont très nombreux en Hollande, qu'ils ont la priorité en milieu urbain et que les dimensions des giratoires qui y sont implantés sont relativement réduites (Jacquemart, 1998 ; Boender, 1999).

De nombreuses études ont cherché à découvrir pourquoi les deux-roues, comparativement aux autres usagers, sont généralement moins en sécurité dans les giratoires. Une étude britannique (U.S. Department of Transportation, 2000) a ainsi étudié l'influence de plusieurs paramètres des giratoires sur les statistiques d'accidents des cyclistes et des motocyclistes. Le tableau VIII résume les résultats obtenus lors de cette étude. On peut en retirer trois principaux enseignements :

- a. les motocyclistes sont peu affectés par les caractéristiques de l'intersection.
- b. les cyclistes sont légèrement moins en sécurité sur les giratoires que sur les carrefours à feux.
- c. les giratoires avec évasement sont beaucoup plus dangereux pour les cyclistes que les autres types de giratoires car la vitesse des automobiles y est plus grande.

Une étude suédoise (Brüde et Larsson, 2000) s'est pour sa part attachée à trouver quel est le principal facteur influençant le nombre d'accidents des cyclistes dans les giratoires. Il s'avère que ce facteur recherché est le nombre de voies sur la chaussée annulaire (tableau IX). Par ailleurs, l'étude conclue que, pour les cyclistes, il y a plus d'accidents dans les petits giratoires (rayon de l'îlot central inférieur à 10 mètres), où la déflexion n'est plus assez prononcée, et dans les grands giratoires (rayon de l'îlot central supérieur à 25 mètres), où la déflexion ne permet pas de réduire suffisamment la vitesse des véhicules (Brüde et Larsson, 2000 ; Wanderlof, 1995). D'autre part, cette étude rapporte que les cyclistes traversant l'intersection sur la chaussée sont plus souvent les victimes d'accidents que les cyclistes empruntant le trottoir (risque multiplié par 2,5).

Tableau VIII

Nombre d'accidents des cyclistes et motocyclistes par million  
de passages selon le type d'intersection

Type d'intersection	Nombre d'accidents	
	Cyclistes	Motocyclistes
Mini-giratoire	3,11	2,37
Giratoire classique	2,91	2,67
Giratoire avec évasement	7,85	2,37
Carrefour à feux	1,75	2,40

(Source: adaptation de U.S. Department of Transportation, 2000)

Tableau IX

Gravité des accidents des cyclistes selon le nombre de voies sur l'anneau

Nombre de voies sur l'anneau	Nombre d'accidents			
	Avec dommages corporels	Avec décès	Avec dommages matériels seulement	Total
1	24	0	4	28
2 et plus	34	0	5	39

(Source : adaptation de Brûde et Larsson, 2000)

## Piétons

De façon générale, les piétons sont plus en sécurité dans un giratoire que dans un carrefour conventionnel. Une étude néerlandaise (Boender, 1999) montre ainsi un gain de sécurité pour les piétons lors de la conversion d'un carrefour en giratoire (diminution de 73 % du total des accidents et de 89 % des accidents avec dommages corporels) parce que, d'une part, la distance à traverser est plus courte et, d'autre part, les piétons sont plus visibles.

Une étude suédoise (Brüde et Larsson, 2000) confirme également que les giratoires sont plus sécuritaires pour les piétons que les autres types de carrefours, mais ajoute que cela se vérifie surtout s'ils ne possèdent qu'une voie sur l'anneau (tableau X). Bared et Kaiser (2002) soulignent également que des giratoires à une seule voie sur l'anneau sont préférables dans les zones de forts flux de piétons.

Tableau X

Gravité des accidents des piétons selon le nombre de voies sur l'anneau

Nombre de voies sur l'anneau	Nombre d'accidents			
	Avec dommages corporels	Avec décès	Avec dommages matériels seulement	Total
1	2	0	1	3
2 et plus	10	1	1	12

(Source : adaptation de Brüde et Larsson, 2000)

### Statistiques générales (tous types d'utilisateurs confondus)

Une étude complète effectuée en Nouvelle-Zélande (Traffic Design Group, 2000) (tableau XI) montre que les cyclistes bénéficient peu du gain général qu'apporte le giratoire en matière de sécurité. Les piétons y sont pour leur part plus en sécurité que dans les carrefours conventionnels. Cette étude confirme donc les résultats des autres expériences étrangères : les giratoires sont globalement plus sûrs que les autres types de carrefour.

Tableau XI

Répartition des accidents par type d'intersection selon le type d'utilisateur

Type d'utilisateur	Pourcentage d'accidents selon le type d'intersection			
	Sans signalisation	Avec panneaux arrêts	Avec feux de circulation	Giratoire
Piétons	3	1	4	1
Cyclistes	2	4	1	6
Véhicules motorisés	95	95	95	93
Ensemble des utilisateurs	100	100	100	100

(Source : adaptation de Traffic Design Group, 2000)

Plus critique, la IIHS (Persaud et al., 2000) a utilisé la méthode statistique de Bayes afin de mettre en évidence le réel degré de sécurité d'un giratoire, sans tenir compte de la dangerosité passée de l'intersection qu'il remplace. Cette étude révèle finalement

que le nombre des accidents graves (incluant décès ou blessures graves) diminue de 89 %, le nombre des accidents entraînant des blessures légères diminue de 76 % et le nombre total d'accident diminue de 38 %. Ils affirment également que si les résultats observés sont légèrement moins bons qu'avec une étude avant-après, il n'en demeure pas moins dans le même ordre d'idée (de l'ordre de l'unité de pourcentage). Il est donc intéressant de savoir que les simples statistiques avant-après, utilisées dans la plupart des autres études, sont acceptables qualitativement pour une étude d'impact de la conversion d'une intersection conventionnelle en giratoire.

#### 2.4.2 Bilan statistique

Finalement, les statistiques sont globalement positives pour les giratoires (tableau XII). Suite à la conversion d'un carrefour en giratoire, en milieu rural aussi bien qu'en milieu urbain, une baisse du nombre total d'accidents et du nombre d'accidents entraînant des dommages corporels est généralement observée (Novellas, 2002a ; Elvik, 2003). Cette baisse est particulièrement sensible pour les véhicules motorisés et les piétons et semble plus discutable pour les deux-roues. Toutefois, Siegman (1999) indique que lorsque le giratoire est bien conçu, tous les usagers bénéficient du gain en sécurité.

Toutefois, ces statistiques montrent que le giratoire ne s'est pas encore adapté pour accueillir en toute sécurité les cyclistes. Ces derniers sont d'ailleurs d'autant plus vulnérables s'ils circulent sur l'anneau et si les dimensions du giratoire (nombre de voies, diamètre extérieur) sont trop importantes. Boender (1999) et Brüde et Larsson (2000) font tout de même remarquer que les cyclistes sont plus en sécurité dans un giratoire que dans un carrefour à feux.

Souvent, les accidents sont dus à des conditions accidentogènes contrôlables. Ainsi, la vitesse trop élevée de circulation, la trop grande fluidité de l'aménagement, la différence de vitesse entre véhicules et la visibilité limitée sont les principales causes d'accident dans les giratoires (Arndt et Troutbeck, 1995 ; Tollazzi, 2001).

Tableau XII

## Réductions des accidents dans différents pays

Pays	Réduction moyenne des accidents (%)	
	Totale	Entraînant des dommages corporels
Allemagne	36	—
Australie	51	66
Danemark	—	36
États-Unis	37	51
France	—	67,5
Norvège	—	74
Pays-Bas	47	71
Royaume-Uni	—	32
Suisse	75	90
Réduction moyenne	49,2	52,8

(Source : adaptation de Jacquemart, 1998 et de Najafi et Jivacate, 2002)

On constate également que la plupart des accidents dans les giratoires ont lieu dans des conditions précises. Selon le CERTU (Novellas, 2002a), les conditions accidentogènes dans les giratoires sont principalement la nuit et la présence de motocyclistes. En campagne, 50 % des accidents recensés au giratoire se déroulent entre 21h et 6h. En ville, aux mêmes heures, ils constituent 45 % du total, malgré le faible trafic. Les motocyclistes sont impliqués dans un tiers des accidents mortels.



### 2.4.3 Causes des bonnes performances

Les accidents recensés sur les carrefours giratoires sont de typologies relativement différentes de ceux qui se produisent sur les carrefours à feux ou à arrêts (tableau XIII). Ce phénomène explique que la gravité et le nombre des accidents soient réduits lors de l'aménagement d'un ancien carrefour à feux en carrefour à sens giratoire (U.S. Department of Transportation, 2000).

Tableau XIII

Proportions des principaux types d'accidents dans différents pays

Type d'accident	Australie	France	Royaume-Uni
Collision entre véhicule entrant et véhicule circulant sur l'anneau	50,8 %	36,6 %	71,1 %
Perte de contrôle dans l'anneau	10,4 %	16,3 %	8,2 %
Perte de contrôle à l'entrée du giratoire	5,2 %	11,4 %	*
Collision entre deux véhicules à l'entrée du giratoire	16,9 %	7,4 %	7 %
Collision entre véhicule sortant et véhicule circulant sur l'anneau	6,5 %	5,9 %	*
Collision avec un piéton sur le passage pour piétons	*	5,9 %	3,5 %

\* donnée non fournie

(Source : adaptation de U.S. Department of Transportation, 2000)

Ce changement de type d'accident s'explique de nombreuses façons. On peut cependant retenir trois importants facteurs responsables de la diminution du nombre et de la gravité des accidents :

- a. la vitesse réduite des véhicules ;
- b. le faible nombre de points de conflits ;
- c. la traversée facilitée des piétons (plus courte et plus visible).

#### La vitesse réduite des véhicules

Grâce à la déflexion, la vitesse des véhicules est fortement réduite lors de leur approche et de leur traversée du giratoire. La vitesse moyenne de traversée d'un giratoire varie entre 25 et 40 kilomètres/heure pour des géométries usuelles. Les automobilistes possèdent ainsi relativement plus de temps pour réagir aux situations potentiellement dangereuses.

La réduction de la vitesse permet également une diminution de la gravité des accidents entre véhicules, le choc étant moins brutal. De même, la figure 23 montre clairement qu'une diminution de la vitesse de la circulation entraîne une diminution de la gravité des accidents en cas de collision avec les piétons. Cette diminution de la vitesse de circulation permet également l'atténuation du différentiel de vitesse entre tous les usagers.

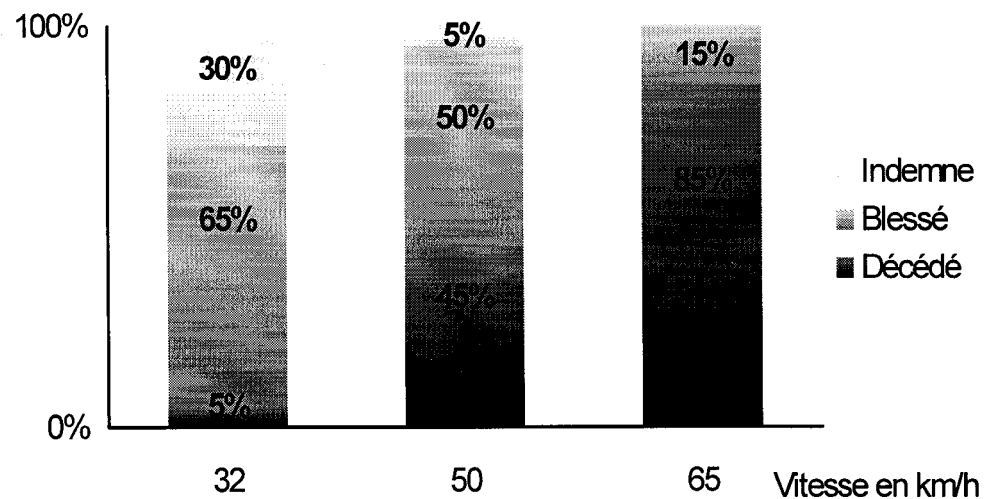


Figure 23 Impact de la vitesse du véhicule sur la gravité de l'état du piéton

(Source : adaptation de Stone et al., 2002)

#### Le faible nombre de points de conflits

Le nombre de points de conflits entre véhicules, entre véhicules et piétons et entre véhicules et cyclistes est moindre dans un giratoire que dans un carrefour conventionnel (figure 24) (U.S. Department of Transportation, 2000). Ce faible nombre de points de conflit s'explique, d'une part, par l'absence de manœuvre de « tourne à gauche » et, d'autre part, par la circulation à sens unique dans l'anneau. Le potentiel de collision est donc moindre et les angles de collision plus faibles. Par ailleurs, on notera que la diminution des points de conflits est encore plus importante dans les giratoires ayant une voie sur l'anneau que dans les giratoires à deux voies.

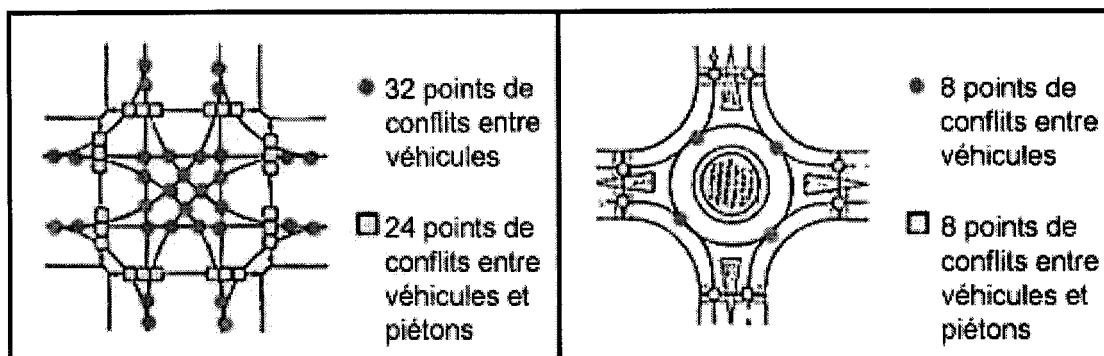


Figure 24 Comparaison du nombre de points de conflits entre véhicules et entre véhicules et piétons pour un giratoire et pour un carrefour conventionnel

(Source : <http://www.roundaboutsusa.com>)

#### La traversée facilitée des piétons

La faible vitesse des véhicules permet aux piétons de mieux reconnaître le créneau dans lequel il leur est possible de traverser l'approche de façon sécuritaire. De plus, l'îlot séparateur, qui sert de refuge pour les piétons, leur permet également de se concentrer sur l'observation d'une seule direction à la fois pour traverser les voies d'entrées et de sortie du giratoire (Bared et Kaisar, 2002). La vitesse réduite des véhicules qui entrent ou sortent du giratoire permet également aux conducteurs de s'arrêter plus facilement pour les laisser passer.

#### 2.4.4 Recommandations

A la lumière des statistiques présentées plus haut, on peut tracer quelques lignes directrices de la conception des giratoires permettant d'améliorer la sécurité de chacun des usagers.

Lorsqu'il y a une forte présence de cyclistes :

- a. éviter les bandes cyclables sur l'anneau lorsque la largeur de l'anneau est importante ;
- b. éviter les giratoires à plus d'une voie sur l'anneau ;
- c. éviter les diamètres trop larges (diamètre de l'îlot central supérieur à 25 m) ou trop petits (diamètre de l'îlot central inférieur à 10 m) ;
- d. éviter une trop grande fluidité de la géométrie ;
- e. ne pas aménager d'évasement à l'entrée du giratoire ;
- f. aménager des installations pour cyclistes à l'extérieur de l'anneau (pistes cyclables).

Lorsqu'il y a une forte présence de piétons :

- a. éviter l'évasement à l'entrée du giratoire ;
- b. éviter une trop grande fluidité de la géométrie ;
- c. ne pas aménager d'approches à plus d'une voie par sens ;
- d. prévoir des aménagements spécifiques pour les piétons handicapés ou malvoyants.

Recommandations d'ordre général :

- a. éviter les diamètres trop larges (diamètre de l'îlot central supérieur à 25 m) ou trop petits (diamètre de l'îlot central inférieur à 10 m) ;
- b. éviter la « courbe contre courbe » car elle peut semer la confusion ;
- c. ne pas utiliser de formes non parfaitement circulaires ;
- d. ne pas aménager de géométries trop fluides (comme, par exemple, des entrées tangentielles et des voies spéciales de « tourne à droite ») ;
- e. ne pas installer d'obstacle sur l'îlot central en milieu rural ;
- f. prêter attention aux effets de couloir obtenus avec l'éclairage, les arbres ou le mobilier urbain.

Malgré toutes les précautions qui seront portées à l'aménagement pour le rendre plus sécuritaire, le nombre d'accidents légers peut cependant augmenter les premiers temps, le temps que les gens s'y habituent. Bien que ces premiers accidents soient rarement graves, une campagne de communication et d'éducation est à prévoir afin d'apprendre aux usagers comment se comporter dans ce type de carrefour.

## **2.5 Société**

L'accueil des giratoires par le public est un aspect important à considérer lors de leur planification. Appréhensions et difficultés d'adaptation sont en effet souvent rencontrées lors de l'annonce de l'implantation d'un carrefour giratoire.

### **2.5.1 Mentalités**

Avant l'implantation d'un giratoire, la population est souvent très sceptique quant au bon fonctionnement d'un tel aménagement. Cet état d'esprit est également rencontré chez les concepteurs (Jacquemart, 1998). 37,1 % des concepteurs canadiens redoutent que les gens ne s'habituent pas, 34,3 % ne sont pas sûrs que le giratoire fonctionnera correctement et 17,1 % pensent qu'il n'est pas assez sécuritaire. Wallwork et Newberry (2002) rapportent également avoir rencontré, lors de chaque implantation, des gens s'opposant à la construction de giratoires. Ceux-ci prétendaient que les automobilistes ne pourraient jamais s'habituer à conduire dans les giratoires ou bien que les automobilistes sont trop dangereux pour les piétons ou bien encore qu'ils provoquent des accidents dès que l'occasion se présente.

Toutefois, l'expérience prouve que l'avis des usagers change lorsqu'ils se familiarisent avec le giratoire. Ainsi, une étude (Jacquemart, 1998) enregistre un important revirement d'opinion envers le giratoire (tableau XIV).

Tableau XIV

Changement d'opinion des usagers lors de la construction d'un giratoire

Opinion	Avant construction (%)	Après construction (%)
Très négative	23	0
Négative	45	0
Neutre	18	27
Positive	14	41
Très positive	0	32

(Source : adaptation de Jacquemart, 1998)

Le changement de mentalité est radical puisque de 68 % d'opinions négatives avant la construction, on aboutit à 73 % d'opinions positives et aucune négative après la construction. Le refus a priori du giratoire peut donc être facilement surmonté. Une étude du Kansas (Russell et al., 2002) montre que ce préjugé défavorable envers les giratoires vient de la non-connaissance ou de la méconnaissance des gens de cet aménagement. En effet, la plupart du temps, ils le confondent avec un simple rond-point. Le témoignage suivant prouve la méconnaissance (ou la mauvaise foi manifeste) du rédacteur de ces lignes dans le journal Olathe Daily News du 23 Octobre 2000 :

« Les giratoires sont utilisés depuis des années en Europe. Un des giratoires les plus connus est l'Arc de Triomphe à Paris. Quiconque a déjà expérimenté la conduite autour de cette place sait cela : [...] Regardez droit devant, conduisez aussi vite que vous pouvez, essayez de rester sur la voie la plus à droite et sortez du rond-point aussi vite que possible. »

Comme il est mentionné dans l'historique (section 1.1), l'Arc de Triomphe a été le premier rond-point construit à Paris. Il ne répond absolument pas aux principes de base

du giratoire (figure 25). Entre autres, ses dimensions sont bien trop importantes, la gestion des flux est contrôlée par des feux de circulation et la priorité est donnée aux véhicules entrant sur l'anneau. Il ne peut donc en aucun cas être qualifié de carrefour giratoire.



Figure 25 Arc de Triomphe sur la place de l'Étoile, à Paris

(Source : [www.ksu.edu/roundabouts/](http://www.ksu.edu/roundabouts/))

Il est vrai que les résultats du giratoire sont parfois inférieurs à l'attente des usagers mais cela est souvent dû à une mauvaise réalisation du carrefour (notamment concernant la déflexion qui n'est pas assez prononcée ou inexistante) (Russell et al., 2002). Dans plusieurs cas, les quelques plaintes enregistrées sont dues à un non-respect de la priorité à l'anneau (Hétu, 2000 ; Garder, 2002 ; Russell et al., 2002).

#### 2.5.2 Communication

En se basant sur la partie précédente, il apparaît qu'une campagne de communication est indissociable de l'implantation d'un giratoire afin de dissiper tout malentendu et



d'expliquer clairement ce à quoi les usagers peuvent s'attendre (Taekratok, 1998 ; IIHS, 2001). La campagne de communication, qui a malheureusement été un outil délaissé en France, a trouvé toute son importance aux États-Unis. Elle permet en effet d'améliorer considérablement la perception que les gens ont du giratoire, ce qui représente dans les faits le plus gros challenge lors de l'implantation d'un tel type de carrefour (Taekratok, 1998 ; Wallwork et Newberry, 2002). La campagne de communication doit viser à une meilleure compréhension de ce qu'est un giratoire et de ce qu'il peut apporter.

Selon Wallwork et Newberry (2002), les points importants à aborder pour une communication efficace sont :

- a. la différence entre rond-point et giratoire ;
- b. comment entrer dans un giratoire ;
- c. le bénéfice sécuritaire ;
- d. comment la vitesse est contrôlée par certains éléments ;
- e. les options pour les cyclistes le cas échéant ;
- f. les passages pour piétons.

Tous les média doivent être utilisés lors de ces campagnes de communication afin de toucher le plus large bassin de population. Il apparaît qu'en matière de communication le maximum doit être fait (Jacquemart, 1998). Selon une étude américaine, les communications ont utilisé les média suivants dans les proportions indiquées :

- a. brochures d'information (30 %) ;
- b. réunions spéciales (30 %) ;
- c. télévisions locales et vidéos (10 %) ;
- d. aucune communication particulière (30 %).

La campagne de communication doit être d'autant plus lourde quand la population ne connaît pas le nouvel aménagement, car il faut alors avertir de la présence du nouveau

giratoire mais également enseigner comment se comporter dans ce type de carrefour. Si la population est déjà familière avec le concept de giratoire, il suffit alors d'informer simplement de l'implantation d'un nouveau giratoire.

### 2.5.3 Éducation

Selon le U.S. Department of Transportation (2000), parallèlement aux campagnes de sensibilisation au nouvel aménagement qu'est le carrefour giratoire, une campagne d'éducation doit être mise en place afin d'aider les gens à traverser cet aménagement sans peur. Une campagne d'éducation efficace doit être spécifique à chaque type d'utilisateur.

#### Automobilistes

L'éducation des automobilistes doit aborder les points suivants afin qu'il se comporte de façon sécuritaire dans le carrefour (National Road Transport Commission, 1999 ; U.S. Department of Transportation, 2000 ; Touring Club Suisse, 2001) :

- a. lors de l'approche du giratoire, le conducteur doit réduire sa vitesse et choisir quelle sortie il prendra ;
- b. lors de l'entrée dans le giratoire, le conducteur doit céder le passage aux véhicules se trouvant déjà sur l'anneau ;
- c. le conducteur ne doit pas s'arrêter à l'intérieur du giratoire et doit rester sur la droite de l'anneau si sa sortie est située dans les premiers 180° de l'anneau ou sur la gauche si elle est située dans les 180° suivants (figure 26) ;
- d. lors de la sortie du giratoire, le conducteur doit avertir de son intention les autres automobilistes à l'aide de son clignotant et maintenir une vitesse modérée afin de pouvoir s'arrêter si des piétons désirent traverser sur la voie de sortie.

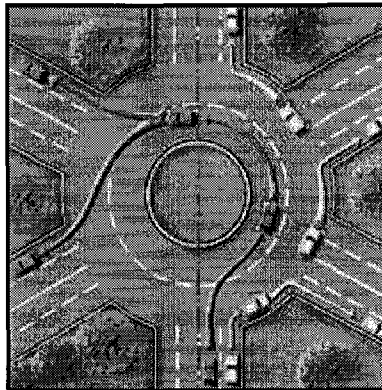


Figure 26 Conduite dans un giratoire selon la sortie que l'on désire prendre

(Source : <http://www.sanceenne.fr.st>)

### Cyclistes

Il est nécessaire que la campagne de communication rappelle aux cyclistes qu'ils doivent toujours rester sur le côté droit de l'anneau (U.S. Department of Transportation, 2000 ; Brown County Planning Commission, 2001 ; Touring Club Suisse, 2001 ; Florida Department of Transportation, 1999). Lorsque le giratoire semble trop grand ou lorsque la vitesse y est trop élevée, trois options peuvent être présentées aux cyclistes :

- a. poursuivre leur route sur la chaussée, avec les véhicules ;
- b. aller sur le trottoir et descendre du vélo ;
- c. emprunter les aménagements spéciaux (pistes cyclables à l'extérieur de l'anneau ou bandes cyclables à l'intérieur).

### Piétons

La campagne d'éducation ne doit évidemment pas oublier les piétons (U.S. Department of Transportation, 2000 ; Touring Club Suisse, 2001 ; Wallwork et Newberry, 2002 ;

Retting, 2002). Elle doit notamment insister sur le fait qu'il est formellement interdit de traverser le giratoire en passant par l'îlot central. Cette interdiction doit être appuyée par un aménagement des abords du giratoire décourageant le piéton de s'aventurer sur l'îlot central.

Par ailleurs, le piéton doit apprendre à traverser sur les passages réservés sur chacune des approches. De l'analyse des vitesses des automobiles, il pourra détecter les créneaux sécuritaires disponibles. Il peut également utiliser l'îlot séparateur comme refuge et traverser l'approche en deux temps si nécessaire.

Encore une fois, les personnes handicapées moteur ou malvoyantes doivent requérir une attention toute particulière (ITE, 2002). On doit cependant leur fournir les outils appropriés pour les aider dans leurs traversées. Les premiers temps, il peut être envisageable de leur fournir des guides pour leurs traversées et de les entraîner par des exercices si nécessaire (Retting, 2002).

## **2.6 Bilan de l'expérience étrangère**

Le bilan de l'expérience étrangère, plus longue et plus étoffée que celle du Québec, permet de mieux cerner la problématique du carrefour giratoire. Ce bilan ne présente pas de recommandations applicables au Québec mais résume seulement les pistes de la réflexion à mener sur l'implantation des carrefours giratoires au Québec. En complément des idées développées dans cette section, l'annexe 2 présente succinctement les avantages et inconvénients des giratoires observés à l'étranger.

### **2.6.1 Conditions d'implantation**

Il est important de prendre en considération les caractéristiques du site sur lequel l'implantation du giratoire est prévue. Le giratoire n'est en effet pas une solution « clé

en main ». Il est nécessaire de le modifier pour l'adapter le mieux possible au milieu d'implantation.

Les points les plus importants à considérer sont :

- a. le milieu d'implantation proprement dit (rural, périurbain ou urbain) ;
- b. les caractéristiques de la circulation (vitesses, flux et répartition des flux) ;
- c. la morphologie du terrain et l'espace disponible ;
- d. le type d'usager destiné à traverser le carrefour ;
- e. les usagers vulnérables le cas échéant.

Les expériences étrangères sont suffisamment nombreuses et diversifiées pour esquisser des lois établissant les lieux où le giratoire est conseillé ou non. L'annexe 3 résume les principaux lieux favorables et défavorables pour la construction d'un carrefour giratoire (St-Jacques et al., 2002).

#### 2.6.2 Conception et opération

Après l'étude méthodologique du milieu d'implantation et du choix du type de carrefour à planter, il ressort de l'expérience étrangère quelques grandes lignes à suivre lors de la conception du carrefour giratoire. Toutefois, certains points semblent encore sujets à controverse pour les spécialistes du giratoire :

- a. la géométrie et le dimensionnement ;
- b. le marquage et la signalisation ;
- c. les aménagements spécifiques pour les cyclistes et piétons ;
- d. l'aménagement paysager.

Les coûts de construction d'un giratoire varient entre 15 000 et 750 000\$ selon l'importance de l'intersection à traiter. Ces coûts ne sont pas répartis de la même façon pour le giratoire que pour les carrefours classiques. Ainsi, l'aménagement paysager

risque de coûter bien plus cher dans un giratoire que dans un carrefour à feux où il est pratiquement inexistant.

Toutefois, on remarque que le giratoire, grâce à une diminution du nombre et de la gravité des accidents, permet d'épargner certaines dépenses liées à l'immobilisation du trafic et l'intervention des services d'urgence. De même, on observe d'importants bénéfices (opérationnels, environnementaux) grâce notamment à l'absence de forte congestion. Finalement, il apparaît que le giratoire apporte un gain substantiel pour tout ce qui a trait à l'opération.

### 2.6.3 Capacité

De façon générale, les giratoires présentent de bonnes performances en terme de capacité. Autant en théorie qu'en pratique, le giratoire présente de meilleures performances que les intersections conventionnelles. Dès lors, les faibles retards engendrés entraînent entre autre une diminution importante de la pollution atmosphérique et de la frustration des automobilistes.

D'après de nombreuses expériences, la capacité des intersections est augmentée en moyenne de 30 % lors de leur conversion en giratoire. Pour des débits allant jusqu'à 40 000 véhicules par jour, aucun problème n'a été recensé à ce jour si le giratoire est correctement dimensionné.

Cependant, il ne faut pas oublier que la capacité du giratoire est fortement tributaire de plusieurs paramètres. Son milieu d'implantation comme ses caractéristiques géométriques peuvent rapidement limiter sa capacité. L'exemple de la France où quelques giratoires ont dû être démantelés montre ainsi que le giratoire n'est pas toujours la solution aux problèmes de circulation que l'on rencontre. Le calcul de la capacité puis le dimensionnement du giratoire doivent donc être effectués avec attention et objectivité.

#### 2.6.4 Sécurité

Du point de vue de la sécurité des usagers, le giratoire possède incontestablement un avantage sur les autres types d'intersection. Grâce à la faible vitesse des véhicules, au faible nombre de points de conflit et à la traversée facilitée des piétons, le giratoire permet de diminuer le nombre et la gravité des accidents.

De façon globale, on observe une diminution d'environ 50 % du nombre total d'accidents et d'environ 53 % des accidents entraînant des dommages corporels. Cependant, certains usagers plus vulnérables ne semblent pas toujours bénéficier de ce gain en sécurité. Les deux-roues en général et les cyclistes en particulier sont ainsi parfois défavorisés par rapport aux autres usagers.

#### 2.6.5 Société

Dans la plupart des pays où il a été récemment installé, le giratoire est souvent attendu avec beaucoup d'appréhension par la population locale. Avant la construction du giratoire, 68 % des gens voient d'un mauvais œil l'implantation du giratoire. Mais, après qu'ils s'y soient habitués, l'opinion générale est totalement renversée : 73 % sont favorables aux giratoires et plus personne n'y est opposé.

Pour éviter d'avoir à se battre contre ces préjugés négatifs, la solution est d'utiliser une campagne de communication efficace. Cette campagne doit faire comprendre à la population l'utilité et les avantages de l'installation d'un giratoire. Si elle est suffisamment large (c'est-à-dire qu'elle touche tous les usagers potentiels) et suffisamment bien préparée (c'est-à-dire qu'elle correspond au besoin d'information de la population), la campagne de communication permettra de faciliter l'implantation du giratoire.

Lorsque le giratoire est un aménagement nouveau dans la région, la campagne de communication doit être également accompagnée d'une campagne d'éducation. Cette

campagne d'éducation doit permettre aux futurs usagers de savoir comment se comporter dans le giratoire. Il est important qu'aucun des types d'usager ne soit alors oublié.



## **CHAPITRE 3**

### **LE GIRATOIRE AU QUÉBEC**

Bien que l'aménagement de giratoire soit récent au Québec, plusieurs tentatives d'aménagements ont été effectuées à divers endroits de la province. Après une étude rapide des particularités québécoises, les implantations des premiers giratoires seront analysées. Les bénéfices, les inconvénients et les erreurs rencontrés lors de ces expériences sont rapportés dans ce chapitre.

#### **3.1 Conditions particulières au Québec**

Afin de s'assurer que le giratoire peut fonctionner correctement au Québec, il est nécessaire de passer en revue les principales spécificités de la province qui pourraient s'opposer à son implantation.

##### **3.1.1 Climat**

Selon la classification climatique de Köppen, le Sud du Québec est une région au climat globalement froid, avec des étés chauds et humides et des hivers froids et humides (qualifiée « Dfb », en vert sur la figure 27). L'été québécois ne semble pas pouvoir gêner l'implantation de giratoire sur le territoire de la province. Par contre, l'hiver froid, accompagné de la neige et du verglas, pourrait peut-être en empêcher le fonctionnement efficace et sécuritaire.

L'influence éventuelle du climat québécois sur le fonctionnement des giratoires ne se ferait donc sentir que lors des hivers, où les températures québécoises sont particulièrement plus froides que la plupart de celles des autres pays où les giratoires sont implantés. En cette saison, à cause de son dévers orienté vers l'extérieur, le

giratoire pourrait provoquer des pertes de contrôles des automobilistes lorsque des plaques de verglas ou de glace apparaissent dans le giratoire.

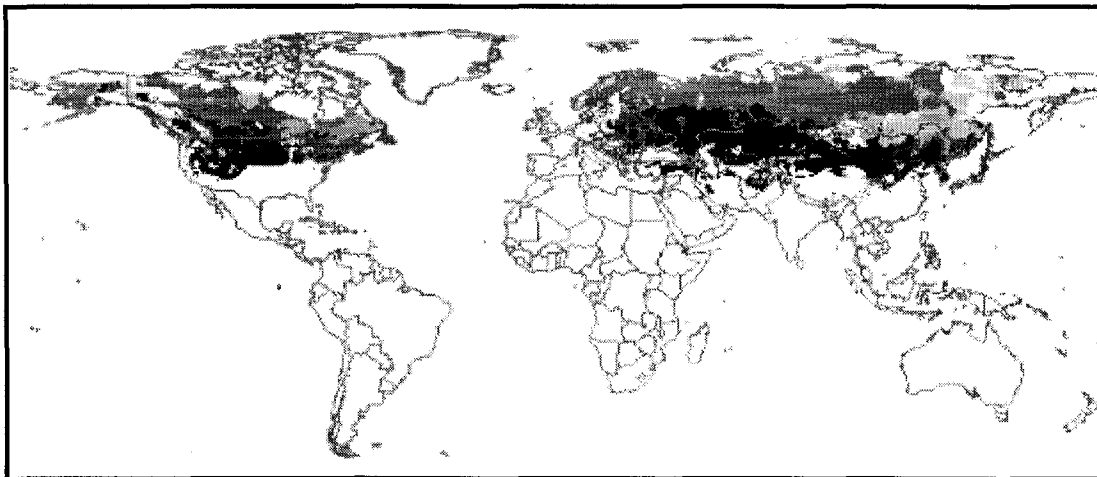


Figure 27 Localisation des régions froides selon la classification de Köppen

(Source : <http://www.fao.org>)

La figure 27 nous permet de repérer les régions dont les conditions hivernales sont les mêmes ou bien sont encore plus accentuées que celles rencontrées au Québec. Ainsi, plusieurs régions où des giratoires sont déjà aménagés possèdent des conditions hivernales au moins équivalentes à celles du Québec en terme de températures, de chutes de neige et de verglas. Parmi elles, on retrouve :

- a. les états du Nord des États-Unis et des Rocheuses (Alaska, Colorado, Maine, Minnesota, Vermont, Wisconsin, etc.) ;
- b. les Alpes (Autriche, France, Italie, Slovaquie, Suisse, etc.) ;
- c. les pays du Nord de l'Europe (Danemark, Finlande, Norvège, Suède, etc.).

Comme cela a été mentionné à la section 2.1.1, aucun problème majeur, que ce soit au niveau de la sécurité ou de l'entretien, n'est signalé dans ces différentes régions. En

particulier, on rapporte qu'il n'y a aucune difficulté reliée à l'entretien hivernal au Wisconsin et dans le Vermont (Brown County Planning Commission, 2001). Comme la situation climatique est similaire au Québec, aucun problème majeur ne devrait être rencontré de ce point de vue là. Toutefois, comme il est mentionné dans le chapitre 4, on doit noter que certains aspects de la conception et de l'opération du giratoire doivent tenir compte du climat québécois.

### 3.1.2 Comportement des automobilistes

Selon Arndt et Troutbeck (1995), les différences de comportement entre automobilistes de pays différents doivent être prises en compte lors de l'analyse de l'efficacité du giratoire en terme de sécurité. Cependant, même si ces différences de comportement sont réelles, il est difficile d'affirmer objectivement si elles ont des conséquences réelles sur la sécurité et si elles sont responsables de variations du nombre d'accidents d'un pays à l'autre.

En l'absence d'étude objective sur les différences de comportement des automobilistes, la figure 28 fournit une indication sur le niveau relatif de sécurité routière dans divers pays où les giratoires sont déjà implantés. Cette figure illustre les chiffres présentés par le MTQ et la SAAQ (2001).

Sur la figure 28, le niveau de sécurité routière du Québec semble être dans la moyenne des pays considérés dans cette analyse. Donc, même si le comportement des automobilistes québécois diffère de celui des autres pays, à exposition au risque équivalente, le nombre d'accidents de la route n'est pas supérieur au Québec. Par conséquent, il ne semble pas plus dangereux de conduire au Québec que dans les autres pays étudiés.

Toutefois, le manque d'habitude des automobilistes québécois à respecter les « cédez le passage », les cyclistes et les piétons, contrairement respectivement à la France et aux Pays-Bas, peut devenir une entrave au fonctionnement correct des carrefours

giratoires (St-Jacques et al., 2002). Dans les premiers temps des giratoires au Québec, les autorités devront donc rester vigilantes et veiller au respect de ces règles du code de la sécurité routière pour que les giratoires fonctionnent correctement, c'est-à-dire de façon fluide et, surtout, sécuritaire.

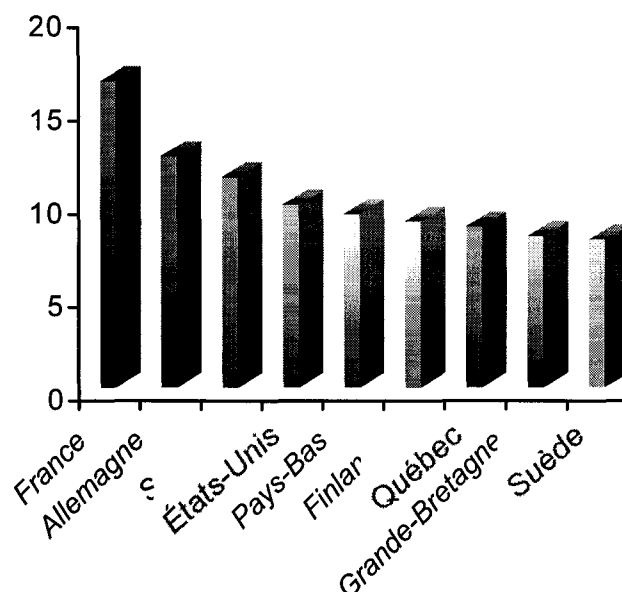


Figure 28 Taux de décès par milliard de kilomètres en 1998 dans divers pays

### 3.2 Expériences québécoises

Ces dernières années, quelques giratoires, ou, plus exactement, quelques aménagements circulaires se voulant giratoires, ont déjà été implantés sur le territoire du Québec :

- a. Chicoutimi (où il y a deux giratoires distincts) en 1996 ;
- b. Mirabel (sur le site de l'usine Bombardier) en 2000 ;
- c. Mont-Tremblant en 2002 ;

- d. Saint-Laurent en 1998 ;
- e. Saint-Louis-de-France en 2001 ;
- f. Sherbrooke (sur le site de l'université) en 1996 ;
- g. Val-d'Or en 2001.

Ces différentes expériences québécoises permettent de montrer les problèmes rencontrés lors de ces premières implantations de carrefours giratoires et les réponses éventuellement apportées. Dans certains cas, elles montrent aussi comment les ingénieurs, urbanistes et politiques du Québec ont essayé d'adapter le giratoire aux spécificités québécoises.

### 3.2.1 Description des projets

#### Chicoutimi

En 1996, à Chicoutimi, deux conversions de carrefours en giratoires ont eu lieu simultanément aux croisements Roussel / du Pont (dans le centre-ville) et Jacques-Cartier / des Franciscains.

Le choix du carrefour giratoire pour l'intersection Roussel / du Pont a été effectué dans le cadre d'une profonde réflexion sur le plan d'urbanisme qui visait la revitalisation du quartier environnant l'intersection et la réfection complète de la rue Roussel. Ce choix réfléchi du giratoire répondait notamment au triple objectif du projet, soit : (a) assurer un meilleur contrôle de la circulation ; (b) limiter les conflits entre piétons et véhicules ; (c) améliorer le traitement paysager du quartier (Service d'urbanisme de la ville de Chicoutimi, 2001).

Le giratoire de l'intersection Jacques-Cartier / des Franciscains, sans faire partie d'une étude plus large, était lui aussi motivé par un besoin de fluidifier le trafic et d'assurer la sécurité de tous les usagers. Les usagers se plaignaient en effet des congestions à cette intersection (Plante, 2003).

La conception et la construction des carrefours giratoires, si elles semblent avoir répondu aux besoins des usagers, n'ont pas été rigoureuses. Les aménagements effectués n'ont ni les îlots séparateurs ni un îlot central suffisamment visible, caractéristiques pourtant indispensables dans ce type d'aménagement, et ne méritent donc pas l'appellation de giratoire (Plante, 2003).

À la suite de l'implantation des giratoires, les autorités de la ville ont relevé à ces intersections une circulation fluidifiée, plus aucune congestion n'étant relevée, et une sécurité accrue de tous les usagers, avec un nombre d'accidents à l'intersection en fort recul. De plus, l'implantation des giratoires a également contribué à l'embellissement du paysage urbain, améliorant ainsi la qualité de vie des résidents (Service d'urbanisme de la ville de Chicoutimi, 2001 ; Plante, 2003).

#### Mirabel

L'implantation du giratoire de Mirabel en 2000 était intégrée dans le cadre de l'établissement d'une nouvelle usine d'aéronautique. L'intersection à trois branches où fut construit le giratoire était située au croisement d'une bretelle de l'autoroute qui servait de porte d'entrée dans le complexe industriel et de voies de circulation menant exclusivement aux diverses installations de l'usine (Zemka, 2002).

Les flux à cette intersection sont difficilement gérables avec les intersections classiques. En effet, aux heures de pointe, la circulation est dense (de l'ordre de 1800 véh/h) et pratiquement unidirectionnelle : de l'autoroute vers les stationnements le matin et l'inverse le soir. De plus, en dehors de ces périodes, la circulation est très faible. Ces difficultés ont montré, après analyse, que le giratoire offrait la meilleure solution pour gérer l'intersection (Zemka, 2002).

La géométrie du giratoire dut donc permettre l'écoulement de ces flux, ainsi que le passage de véhicules longs (33 m), tout en assurant la sécurité des usagers (Zemka, 2002).

Après la construction, d'importantes absences et erreurs de marquage ont été relevées (absence des lignes de « cédez le passage », panneaux de sens unique peu visibles). Malgré cette signalisation défailante provoquant la confusion chez les usagers, aucun accident n'est survenu (Zemka, 2002 ; Plante, 2003).

### Mont-Tremblant

À cause de la proximité de la station de ski de Mont-Tremblant, l'intersection des chemins Duplessis, du Village et de la montée Ryan connaissait des problèmes importants de congestion. Tout comme dans le cas de Mirabel, la distribution particulière des débits (une direction privilégiée le matin et la direction inverse le soir) empêchait un écoulement fluide de la circulation avec un mode de contrôle traditionnel de l'intersection (Plante, 2003).

Après une étude comparative des diverses issues possibles, la solution du giratoire a été retenue en 2002. Elle présentait en effet d'importants avantages dont les bénéfices en terme de sécurité et de fluidité de la circulation (Plante, 2003). La figure 29 montre le giratoire à son ouverture à la circulation.

Malgré la bonne campagne de communication, l'ouverture du giratoire à la circulation a soulevé quelques plaintes à cause du manque de signalisation qui semait la confusion (figure 29). Certains automobilistes traversaient d'ailleurs le giratoire à contresens. Il faut signaler à ce propos que l'aménagement du giratoire n'était pas achevé lors de son ouverture. Par ailleurs, la circulation dans le giratoire est tout de même plus fluide qu'auparavant et se fait en toute sécurité (aucun accident recensé depuis l'ouverture en 2002) (Plante, 2003).

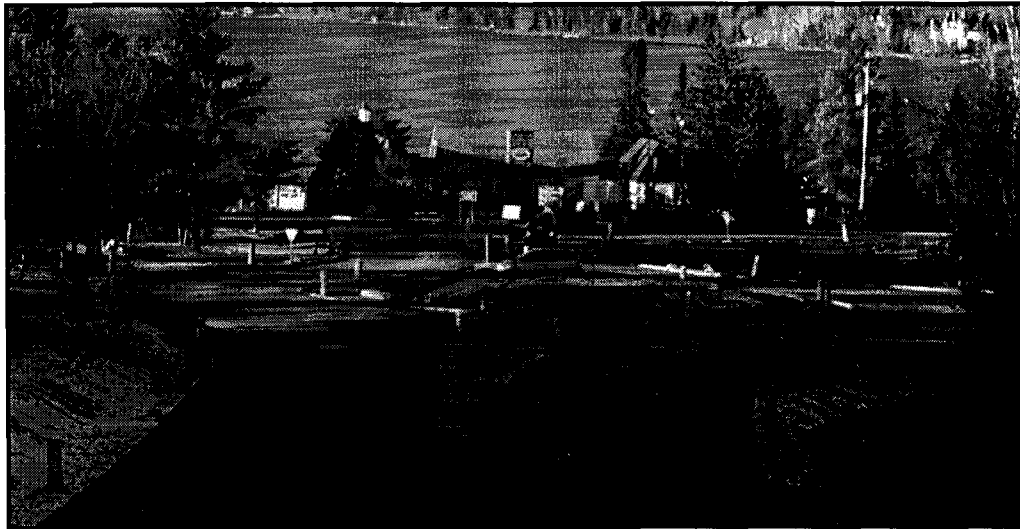


Figure 29 Giratoire de Mont-Tremblant à l'ouverture

(Source : Roche-Deluc, experts-conseils en transports)

### Saint-Laurent

Le carrefour giratoire de Saint-Laurent (figure 30) a la particularité de ne pas être issu de la conversion d'un ancien carrefour conventionnel. Il fait partie d'un important projet d'implantation d'une nouvelle zone à vocation industrielle et de haute technologie (Rossetti, 2002).

En 1998, après étude, le giratoire a été préféré aux autres modes de contrôle de l'intersection pour trois raisons : (a) le caractère de haute technologie de la zone industrielle sur laquelle il ouvrait requérait une solution innovante ; (b) son esthétique permettait de mettre en valeur l'entrée dans cette zone de haute technologie ; (c) son fonctionnement répondait mieux aux flux de circulation prévus (Rossetti, 2002).

L'ouverture à la circulation du giratoire a été menée sans campagne de communication. Les autorités considéraient en effet que la circulation destinée à le traverser était trop



locale pour nécessiter une telle campagne. En terme de sécurité, mis à part quelques légers accidents (pertes de contrôle et accrochages) et quelques plaintes (pour excès de vitesse et manque de civisme), aucun problème majeur n'est survenu. Finalement, de façon générale, la circulation est fluide et les usagers sont satisfaits (Rossetti, 2002).



Figure 30 Giratoire de Saint-Laurent

(Source : MTQ)

Par ailleurs, lors de ce projet, une attention toute particulière a été portée aux aménagements dédiés aux piétons et aux cyclistes, à la signalisation et à l'entretien hivernal afin de minimiser les chances d'accidents (Rossetti, 2002).

#### Saint-Louis-de-France

Le giratoire de Saint-Louis-de-France (figure 31) est construit depuis 2001 en milieu urbain peu dense. Il devait répondre à plusieurs objectifs dont la sécurisation de l'intersection et la fluidification de la circulation (Lachance, 2002).

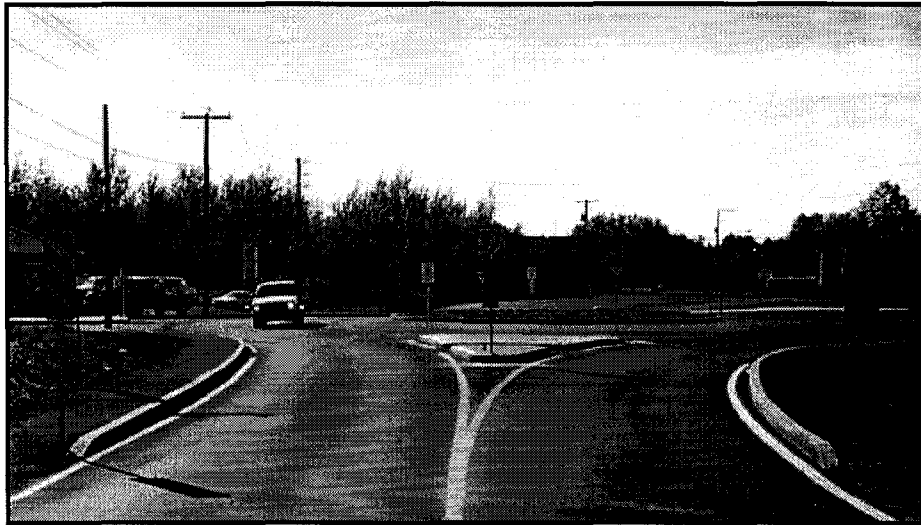


Figure 31 Giratoire de Saint-Louis-de-France

(Source : Roche-Deluc, experts-conseils en transports)

Malgré les gains affichés en sécurité (une seule sortie de route dans le giratoire lors des 13 premiers mois au lieu de 4 ou 5 accidents par mois auparavant), les usagers semblent conserver l'impression d'être en danger lorsqu'ils traversent le giratoire. La campagne de communication n'aurait pas été suffisante (Lachance, 2002).

De plus, comme on le constate sur la figure 31, l'aménagement ne répond pas aux normes de sécurité les plus élémentaires. En effet, aucun panneau n'indique le sens de circulation autour du giratoire, la ligne de « cédez le passage » est absente et, n'étant pas bombée, l'îlot central ne masque pas suffisamment la visibilité de l'approche diamétralement opposée.

### Sherbrooke

Le « carrefour giratoire » de Sherbrooke, construit en 1996, se situait sur le site de l'Université de Sherbrooke, sur l'un des principaux axes de circulation du campus, à

l'entrée des parcs de stationnement. Principalement pour des raisons de fluidité de trafic, l'université de Sherbrooke décida, sans étude particulière, de convertir l'intersection trop souvent congestionnée en carrefour giratoire (Plante, 2003).

Dès l'ouverture du carrefour giratoire à la circulation, de nombreux problèmes sont apparus. Quelques automobilistes prenaient même le giratoire à contresens. La conception du « giratoire » ne répondait pas aux exigences de l'aménagement correct d'un giratoire : la signalisation faisait défaut et les îlots séparateurs manquaient. Pour cette raison et à cause de la campagne de communication peu étendue, les automobilistes ne savaient pas comment fonctionne ce type de carrefour. De nombreux mais légers accrochages ont résulté de leur confusion (Plante, 2003).

Par la suite, voyant plus d'inconvénients que d'avantages à la présence du giratoire, l'université dut le fermer partiellement (Plante, 2003).

### Val-d'Or

La construction du carrefour giratoire de Val-d'Or, en 2001, fait partie d'un projet plus vaste qui visait à déplacer la route 117, afin d'implanter une mine à ciel ouvert sur son ancien tracé. À cause de la proximité des différentes mines et industries, la route 117 supporte le passage de véhicules hors normes (Bisson, 2002 ; Bisson et Iracà, 2003).

Une fois encore, le choix du giratoire fut effectué pour les gains qu'il apportait en fluidité de circulation (diminution des retards et facilitation des manœuvres des camions) et en sécurité. De plus, le giratoire présentait l'avantage de nécessiter moins de terrain que les autres solutions, ce qui permit d'en offrir davantage à l'exploitation minière (Bisson et Iracà, 2003).

Tout au long du projet, une campagne intensive de communication a été menée afin de bien préparer les différents usagers au nouvel aménagement. Finalement, lorsque le giratoire fut ouvert à la circulation, il n'était pas achevé. La signalisation était incomplète

et le nombre prévu de couches d'asphalte n'était pas atteint. Toutefois, la circulation était fluide et les usagers quels qu'ils soient se sentaient à l'aise. Seule la sécurité montrait des faiblesses : quelques accidents graves étaient survenus (Adam, 2002 ; Bisson, 2002 ; Plante, 2003).

Très vite, le problème de passage de camions hors normes se posa. Si certains avaient des difficultés à traverser le giratoire, les plus longs ne pouvaient tout simplement pas passer. Un retour à la conception fut donc nécessaire pour dessiner une nouvelle solution. Une fois encore, la solution du giratoire fut retenue mais, cette fois, avec un diamètre plus important (50 mètres au lieu de 35 mètres). De plus, quelques aménagements complémentaires tels que le repositionnement des lampadaires, la construction d'une « lentille » franchissable sur l'îlot central et l'élargissement des zones franchissables ont été effectués (Adam, 2002 ; Bisson, 2002 ; Bisson et Iracà, 2003).

Finalement, ce deuxième giratoire atteint des résultats encore plus positifs que le premier en termes de fluidité, d'acceptation par le public et, surtout, en terme de sécurité (un seul accident pendant les dix mois suivant l'ouverture) (Bisson, 2003 ; Plante, 2003).

### 3.2.2 Aménagement

#### Conception

Tout d'abord, comme il a été décrit à la section 2.2.1, le choix puis, le cas échéant, la conception et la construction du carrefour giratoire doivent suivre une méthode objective et rigoureuse et respecter les règles de l'art afin que l'aménagement effectué soit celui qui répond le mieux aux besoins.

À cette fin, le recueil des données et la consultation des éventuels partenaires doivent être effectués avec le plus grand soin. C'est en effet grâce à eux que le choix du type de carrefour sera décidé et c'est sur eux que la conception du carrefour s'appuiera. Ainsi, à Mirabel, Saint-Laurent et Val-d'Or, préalablement à la conception du giratoire, une consultation des professionnels de la route a été menée afin de bien cerner les besoins de ces usagers particuliers (Adam, 2002 ; Rossetti, 2002 ; Plante, 2003). Leurs avis et leurs demandes ont ensuite été pris en compte lors du choix du type de carrefour et de l'élaboration du giratoire.

Toutefois, on constate qu'à Val-d'Or, le travail de recueil de données n'était pas complet puisqu'un problème de passage des camions hors normes a été rencontré à l'ouverture du giratoire. Les surcoûts (2,2 millions de dollars) et les désagréments liés à la nécessaire reconstruction du giratoire auraient pu être évités si les renseignements concernant le type d'utilisateur empruntant l'intersection avaient été exacts.

Ensuite, la conception du carrefour giratoire doit se faire en suivant les règles de l'art. Il ne faut pas oublier que le giratoire n'est pas un simple rond-point. Il doit répondre à de nombreuses exigences portant sur sa géométrie et son aménagement pour assurer une circulation fluide et sécuritaire.

Sur le site de l'Université de Sherbrooke, sous l'effet de la mode, un « giratoire » a été implanté sans que son choix n'ait fait l'objet d'une quelconque analyse de l'environnement et des besoins des usagers. À la suite de ce choix discutable, la conception du carrefour a été effectuée sans suivre les principes de base de conception du giratoire. Le carrefour construit ne répondait finalement pas aux critères pour mériter l'appellation de giratoire (appellation qui lui a tout de même été donnée), ne serait-ce que parce qu'il n'y avait aucun îlot séparateur sur les approches (Plante, 2003).

Dans ce cas de Sherbrooke, le choix contestable du giratoire, sa conception approximative puis, comme on le verra par la suite, la communication défaillante qui a

accompagné son ouverture ont fait de cette intersection circulaire un carrefour incompris des usagers qui étaient parfois amenés à effectuer des manœuvres dangereuses (prise du giratoire à contresens) (Plante, 2003). Par la suite, le « giratoire » a dû être modifié (fermeture partielle du carrefour) afin d'enrayer la prolifération des accidents.

À Chicoutimi, deux « giratoires » ont été implantés en même temps dans deux quartiers différents de la ville. Si leur présence semble justifiée, la conception de ces carrefours semble, comme dans le cas de Sherbrooke, quelque peu bâclée. En effet, l'absence d'îlot séparateur et la faible visibilité de l'îlot central ne répondent pas à la conception rigoureuse du carrefour giratoire.

Comme on le voit dans ces deux cas, la conception du giratoire est parfois mal exécutée. Pourtant, le concepteur ne devrait pas oublier que la plupart des aspects de la géométrie et de l'aménagement, sur lesquels les spécialistes mondiaux s'accordent, jouent un rôle important dans le fonctionnement du carrefour. Modifier les règles de conception, pourtant reconnues unanimement d'utilité, entraîne le risque d'implanter un giratoire dysfonctionnel et surtout non sécuritaire.

### Marquage et signalisation

Le marquage et la signalisation sont importants pour que les usagers du giratoire comprennent rapidement et facilement sur quel type d'aménagement ils arrivent, quel comportement ils doivent adopter (régime de priorité, décélération, etc.) et comment ils doivent s'y comporter selon la direction qu'ils désirent prendre. Pour être les plus efficaces possibles, le marquage et la signalisation doivent donc être simples et très facilement visibles sans être surabondants.

Le marquage et la signalisation semblent avoir été correctement aménagés dans les seuls cas de Saint-Louis-de-France et de Saint-Laurent. Dans les cinq autres cas (Chicoutimi, Mirabel, Mont-Tremblant, Sherbrooke et Val-d'Or), des erreurs, des

absences ou des insuffisances ont été remarquées et ont parfois fait l'objet de plainte de la part des usagers (Plante, 2003).

En fait, à Mirabel, Val-d'Or et Mont-Tremblant, l'ouverture à la circulation du giratoire a été effectuée alors que le giratoire n'avait pas fini d'être aménagé. La signalisation et le marquage, s'ils étaient présents, étaient alors déficients. Dans les trois cas, comme le giratoire était encore mal connu des usagers, ceux-ci faisaient face à un problème de compréhension et de confusion. Ainsi, à Mont-Tremblant, en l'absence de signalisation claire, certains automobilistes prirent le giratoire à contresens. Si, dans les trois cas on a tenté de remédier à la situation, à Mirabel et à Mont-Tremblant, la signalisation est toutefois restée précaire. Ainsi, l'absence de marquage des lignes de « cédez le passage » et la mauvaise visibilité des panneaux de sens unique à Mirabel sont demeurés (Zemka, 2002 ; Plante 2003).

Par ailleurs, à Chicoutimi et à Sherbrooke, le manque de signalisation a provoqué respectivement des plaintes des usagers et des traversées du giratoire à contresens (Plante, 2003).

### 3.2.3 Entretien

L'entretien des giratoires ne semble pas poser de problème particulier. Rossetti (2002) indique même que l'entretien de l'intersection est moins coûteux pour un giratoire que pour un carrefour à feux (moins de panne de feux, pas de remplacement d'ampoule).

Seul l'entretien hivernal peut sembler a priori problématique. Le dévers orienté vers l'extérieur du giratoire peut en effet devenir dangereux lorsqu'il y a présence de glace ou de verglas. Cependant, les cas de Saint-Laurent et Mont-Tremblant démontrent qu'en portant suffisamment d'attention au déneigement et au déglacage du carrefour, les problèmes sont évités. De plus, étant données les dimensions et la forme du giratoire, les manœuvres des camions d'entretien hivernal sont simplifiées, rendant ainsi l'entretien du giratoire plus facile que celui des carrefours conventionnels

(Rossetti, 2002). De même, à Val-d'Or, aucun problème de déneigement ni de déglacage n'a été rapporté (Plante, 2003).

Seul le giratoire de Saint-Louis-de-France a suscité de réelles difficultés de déneigement, mais limitées au début de son exploitation. Ces problèmes rapidement résolus par la suite venaient en fait du manque d'informations qui avaient été données aux entrepreneurs concernant l'entretien hivernal des giratoires (Lachance, 2002).

Finalement, lorsqu'il est effectué minutieusement, l'entretien des giratoires ne semble pas problématique au Québec. Toutefois, il ne faut pas oublier qu'à Aberdeen, en Écosse, et à Saint-Laurent, les carrefours giratoires se trouvent tous sur l'itinéraire prioritaire de déneigement et de déglacage (Aberdeen City Council, 2001 ; Rossetti, 2002). Ainsi, en hiver, même si aucun problème majeur n'est recensé, il semble préférable d'apporter une attention toute particulière aux giratoires pour prévenir tout risque d'accident.

#### 3.2.4 Sécurité

En matière de sécurité, les giratoires québécois, comme ceux de l'étranger, semblent obtenir de bons résultats. En effet, aucun accident grave (nécessitant une hospitalisation) n'a eu lieu dans les villes étudiées et, à Mirabel, aucun accident n'a été rapporté (Plante, 2003). Toutefois, les expériences québécoises sont trop peu nombreuses et trop récentes pour pouvoir affirmer l'obtention d'un véritable gain en matière de sécurité.

Les accidents qui subsistent sont de natures et de causes différentes. À Saint-Laurent, des pertes de contrôle et de légers accrochages dans le giratoire ont été enregistrées à cause des excès de vitesse des automobilistes (Plante, 2003). De même, à Saint-Louis-de-France, plusieurs sorties de route ont été relevées en amont du giratoire à cause des excès de vitesse. Cependant, dans le giratoire même, le seul accident rapporté en 13 mois d'exploitation était une sortie de route, alors que, avant



l'implantation du giratoire, entre 4 et 5 accidents par mois étaient recensés à cette intersection (Lachance, 2002).

À Sherbrooke et Mont-Tremblant, à cause d'automobilistes circulant à contresens dans le giratoire, plusieurs accrochages sans gravité se sont produits (Plante, 2003). Les causes de cette mauvaise utilisation du giratoire semblent être la signalisation déficiente, le manque de communication et la mauvaise conception.

À Chicoutimi, comme le montre la figure 32, le nombre d'accidents a été réduit de plus de 40 % par la conversion du carrefour en giratoire au croisement Roussel / du Pont. Sous les chiffres grossiers de cette réduction, on constate tout de même que le nombre d'accidents, après une forte chute à l'ouverture des giratoires, a légèrement tendance à remonter (annexe 4). Cette remontée, si elle se confirme à l'avenir, serait due au fait que ce « giratoire » ne répond pas aux critères de conception des véritables giratoires et qu'il ne permettrait pas de conserver le bénéfice sécuritaire au-delà de la période d'adaptation pendant laquelle les automobilistes sont plus prudents.

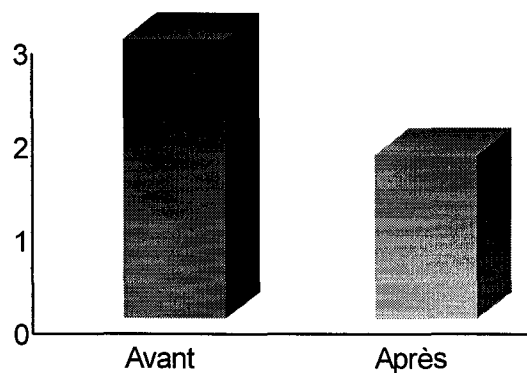


Figure 32 Nombre moyen d'accidents par année au croisement Roussel / du Pont avant et après la conversion du carrefour en giratoire

Il est toutefois difficile de quantifier le gain en sécurité qu'apporte l'aménagement de giratoires au Québec puisque aucune analyse détaillée avant/après ne semble avoir été réalisée (les intersections aménagées étant souvent soit nouvelles, soit délocalisées).

Or, comme on l'a vu à la section 2.2.4, le coût social des accidents est un élément incontournable lors du choix du type de carrefour. Selon Bordeleau (2003), les coûts des accidents au Québec pour l'année 2000 sont de :

- a. 432 000 \$ par accident entraînant la mort ;
- b. 114 425 \$ par accident entraînant des blessures graves ;
- c. 12 900 \$ par accident entraînant des blessures légères ;
- d. 7 355 \$ par accident n'entraînant que des dommages matériels.

Il apparaît donc évident que la conversion des carrefours en giratoires pourrait induire une réduction non négligeable des frais reliés aux accidents.

### 3.2.5 Communication

Comme aux États-Unis, mais dans une plus grande mesure encore, au Québec, le carrefour giratoire est un aménagement routier récent. Il est par conséquent méconnu des automobilistes qui ont souvent de fausses perceptions et croyances le concernant. La plupart des québécois ne savent pas comment se comporter dans un giratoire, ne connaissant ni son fonctionnement, ni son régime particulier de priorité (Adam, 2002). La campagne de communication est d'autant plus indispensable. À Val-d'Or, la campagne a atteint pleinement ses objectifs selon Adam (2002) grâce au véritable matraquage médiatique qui a été effectué (plus de 500 messages télévisés en moins d'un mois).

Dans la plupart des cas, on remarque que les campagnes de communication ont été négligées lors des premières implantations québécoises de giratoire. Incomplètes, inadaptées ou pas assez appuyées, elles ont pratiquement toutes eu un défaut. À part

un sondage, aucune campagne de communication n'a eu lieu à Saint-Laurent avant l'implantation du giratoire (Plante, 2003). À Sherbrooke, la campagne s'est limitée à une circulaire publiée sur internet et quelques prospectus distribués dans l'université où le giratoire allait être implanté (Plante, 2003). Quant à la campagne de Saint-Louis-de-France, selon Lachance (2002), elle a été simplement négligée.

Seules les campagnes de Chicoutimi, Mont-Tremblant, Mirabel et Val-d'Or semblent être relativement satisfaisantes. Encore que dans le cas de Val-d'Or, une plainte a été déposée car la campagne de communication, par souci d'économie, utilisait comme figure illustrative le giratoire de Saint-Laurent et non celui de Val-d'Or (Adam, 2002).

Finalement, sur les sept implantations québécoises de giratoire, seulement trois semblent avoir été accompagnées d'une campagne de communication performante. Cela est d'autant plus dommage que c'est dans les premiers temps du giratoire que les usagers prennent leurs habitudes de conduite. C'est donc à ce moment là qu'ils ont besoin d'informations. De plus, sans campagne de communication convenable, les usagers sont souvent pris au dépourvu en arrivant dans le giratoire et peuvent alors effectuer des manœuvres dangereuses (perte de contrôle à Saint-Louis-de-France, circulation à contresens à Sherbrooke et Mont-Tremblant, accrochages à Saint-Laurent) (Lachance, 2002 ; Rossetti, 2002 ; Plante, 2003).

### 3.2.6 Société

L'accueil du giratoire par la population locale et par les usagers est une donnée très importante. Souvent, l'accueil réservé au projet de giratoire est plutôt hostile et renverser les préjugés défavorables en opinions favorables constitue le principal challenge des concepteurs.

Dans tous les cas québécois étudiés, une diminution des retards est observée lors de l'implantation du giratoire. Malheureusement, l'ouverture à la circulation du nouvel

aménagement laisse souvent les conducteurs perplexes et en proie à la confusion (Adam, 2002 ; Plante, 2003).

Par ailleurs, dans la majorité des cas étudiés, des plaintes ont été enregistrées concernant les excès de vitesse et le manque de civisme des automobilistes. La ligne de « cédez le passage » est en effet peu respectée et, parfois même, pas comprise du tout par les automobilistes. De là vient sans doute le sentiment d'insécurité de certains usagers dans les giratoires, comme à Saint-Louis-de-France et Sherbrooke (Quesnel, 2002 ; Plante, 2003).

Finalement, l'accueil des giratoires sur les projets étudiés est assez méconnu car peu d'études ont été effectuées à ce propos. Cependant, on sait que les giratoires de Saint-Laurent et de Val-d'Or ont été facilement acceptés par les populations locales, malgré les plaintes enregistrées. Au contraire, le giratoire de Sherbrooke n'est pas parvenu à être toléré par les usagers (Plante, 2003), sans doute à cause des défauts de conception et de communication.

### **3.3 Guide du ministère des Transports du Québec**

Face à l'arrivée de nombreux projets de giratoires sur les routes du Québec, en octobre 2002, le ministère des Transports a édité son propre document de référence afin de permettre une harmonisation de la conception de ce nouvel aménagement routier : « Le carrefour giratoire : un mode de gestion différent » (MTQ, 2002). Outre les aspects techniques d'aménagement, ce guide du carrefour giratoire évoque également quelques notions générales peu connues des concepteurs québécois.

#### **3.3.1 Analyse globale du guide**

De façon générale, le guide du MTQ propose une véritable aide à la conception des giratoires. Les principes qui y sont mentionnés et les aménagements qui y sont

proposés semblent, pour large partie, issus du guide fédéral américain : « Roundabouts : An Informational Guide » (U.S. Department of Transportation, 2000). En effet, tous ces principes établis sur la base de l'expérience étrangère semblent malheureusement avoir été admis sans confrontation avec les quelques expériences déjà menées au Québec.

Cette absence totale d'enseignements tirés des implantations québécoises manque au guide, car même si les conditions américaines et québécoises peuvent se comparer, elles restent tout de même suffisamment dissemblables pour qu'une analyse des expériences québécoises soit également menée. Une telle étude serait à coup sûr aussi intéressante pour les concepteurs québécois que les règles de conception déduites des expériences étrangères. C'est pourquoi il semble que la remise à jour du guide du Ministère, attendue d'ici deux à trois ans, devrait faire clairement mention des expériences québécoises et des résultats qu'elles ont obtenus.

### 3.3.2 Analyse des sections générales

Dans un premier temps, le guide aborde les caractéristiques qui distinguent le giratoire des carrefours plus traditionnels et qui permettent le choix de son implantation. Les questions concernant la sécurité et la capacité des giratoires y sont notamment présentées.

Une section est notamment consacrée à la présentation de recommandations pour les premiers carrefours giratoires qui seront implantés au Québec. Cette partie très intéressante ne semble toutefois pas suffisante pour guider les concepteurs qui risquent de se heurter rapidement à des problèmes de rejet des usagers ou d'autres plus techniques. Ainsi, les expériences étrangères, et notamment américaines, soulignent l'importance cruciale de la communication, surtout au début de l'implantation de ce nouveau type d'intersection. Même si une rapide allusion y est faite, le guide du MTQ n'insiste pas assez sur le rôle primordial que doit jouer la communication. Les

campagnes de communication réalisées lors d'aménagements de giratoires au Québec ont pratiquement toutes été insuffisantes.

Plus loin, les différents types de carrefours existants avec les particularités de chacun sont exposés. Certains types d'aménagement plus complexes, tels que les échangeurs-lunettes ou les double-giratoires, sont cependant absents alors qu'il serait utile aux concepteurs de connaître les différentes possibilités qu'offrent ces nouveaux aménagements (sans pour autant les utiliser).

De plus, le mini-giratoire est présenté comme une alternative possible au Québec s'il est suffisamment bien déneigé l'hiver. Cependant, il semble téméraire d'implanter ce type de giratoire au Québec sans s'assurer qu'il est adapté non seulement au climat mais également au comportement des automobilistes québécois. L'utilisation de ce type de giratoire semble en effet nécessiter au préalable une certaine habitude des giratoires de taille habituelle.

La partie traitant de la sécurité routière présente les statistiques d'accidents obtenues lors de l'implantation de carrefours giratoires dans divers pays et les diverses causes des bons résultats rencontrés. Aucune statistique ni aucun commentaire des premiers aménagements québécois n'y est malheureusement présenté. La présence de telles références, même peu développées, aurait sans doute mieux rendu compte des résultats et, éventuellement, des problèmes rencontrés au Québec.

### 3.3.3 Analyse des sections techniques

#### Conception générale du giratoire

Les sections concernant la conception géométrique du giratoire représentent sans aucun doute la partie maîtresse du guide. Cependant quelques éléments ou précisions sont absents.

Ainsi, la forme bombée de l'îlot central qui est recommandée partout dans le monde est présentée comme une simple option dans le guide. Cette forme de l'îlot central permet pourtant d'assurer un fonctionnement adéquat du giratoire : il casse la vision que le conducteur a de sa trajectoire et le force ainsi à ralentir. En l'absence de cette forme bombée, le principe même du giratoire est altéré puisqu'il permet alors la circulation à vitesse plus élevée, ce qui réduit d'autant la sécurité à l'intersection.

Par ailleurs, lorsque la capacité d'un giratoire doit être augmentée, le guide préconise deux solutions : (a) l'aménagement d'un évasement et (b) l'ajout d'une seconde voie sur l'approche. Tout d'abord, contrairement à ce qui est écrit dans le guide, l'évasement augmente le risque de collision, notamment lorsqu'il y a présence de cyclistes ou de piétons. L'impact défavorable qu'il produit sur la sécurité est signalé par le guide mais il n'est cependant pas indiqué que ce type d'aménagement doit être évité en présence de cyclistes et de piétons. Ensuite, même si le guide rappelle que l'ajout d'une troisième voie doit être évité en présence de piétons et de cyclistes, il ne mentionne pas que les approches à deux voies sont déjà déconseillées lorsque le flux de piétons à l'intersection est important. La sécurité dans un giratoire étant assurée en grande partie par la vitesse réduite de la circulation, de telles solutions, permettant la circulation à grande vitesse, sont donc à étudier particulièrement minutieusement avant leur réalisation.

Si les grands principes de l'éclairage du giratoire sont également présentés, il est cependant dommage que le problème de la nécessaire rupture de l'alignement lumineux des lampadaires, lors de l'arrivée dans le giratoire, ne soit pas abordé.

De plus, la question de la conception structurale n'est malheureusement pas traitée. L'absence de cette aide risque de ne pas faire prendre conscience aux concepteurs des contraintes particulières qui sont appliquées à la chaussée aux abords et dans le carrefour giratoire.

Finalement, il est dommage que les coûts d'opération et d'entretien ne soient pas indiqués de façon claire. En effet, dans la plupart des cas, l'argument économique du giratoire est très persuasif.

### Piétons et cyclistes

Le guide présente les raisons de la plus grande sécurité des piétons dans le giratoire et les aménagements nécessaires à l'amélioration de leur sécurité. Cependant, contrairement à ce qui est mentionné, l'espace entre la ligne de « cédez le passage » et le passage piétonnier doit toujours ne laisser s'insérer qu'une voiture, quelles que soient les dimensions ou le nombre de voies sur l'approche. En effet, un espace plus grand n'assurerait pas suffisamment la sécurité des piétons puisque les véhicules auraient tendance à freiner trop tard par rapport au passage piétonnier.

Un bref passage traite du cas plus spécifique des personnes malvoyantes où quelques solutions sont rapidement suggérées. Une discussion plus longue des divers aménagements aurait été bienvenue. Ainsi, il aurait été intéressant de mentionner que, même en présence de malvoyants, les feux actionnés sur demande du piéton doivent être évités (car leur emploi nuit au fonctionnement correct de l'intersection en empêchant les automobiles de quitter l'anneau, ce qui peut provoquer des congestions dans le carrefour même) et qu'une seule voie d'entrée sur le giratoire doit être aménagée.

Les aménagements contribuant à l'amélioration de la sécurité des cyclistes sont également abordés. Deux points méritent d'être soulevés à ce propos. Tout d'abord, le trottoir à usage polyvalent (à la fois pour les cyclistes et les piétons) est à proscrire si la circulation des cycles qui y est dirigée provient d'une piste ou d'une bande cyclable. La vitesse élevée des cycles par rapport à celle des piétons rendrait le parcours des piétons très inconfortable. Cette solution n'est acceptable que si l'espace disponible est trop limité pour l'aménagement de pistes ou de bandes cyclables, et si la circulation du giratoire représente un véritable danger pour les cyclistes.



D'autre part, les statistiques d'accidents des cyclistes montrent que leur sécurité est fortement malmenée lorsqu'un évasement est aménagé aux entrées du giratoire. Malheureusement, le guide ne rappelle pas de façon claire que l'aménagement d'évasements ne doit pas être effectué s'il y a présence de cyclistes dans le giratoire.

### **3.4 Bilan de l'expérience québécoise**

Tout d'abord, l'étude des deux principales particularités supposées du Québec qui pouvaient avoir une influence sur la faisabilité de l'implantation du giratoire dans la province a été réalisée. Concernant aussi bien le climat que le comportement des conducteurs, la conclusion est la même : ces particularités ne sauraient interdire l'implantation du giratoire, tant que suffisamment de précautions sont prises lors de sa conception.

Globalement, toutes les expériences québécoises ont rencontré de bons résultats comparables à ceux obtenus ailleurs dans le monde. Des bénéfices en terme de sécurité, de fluidité du trafic et d'esthétique se retrouvent en effet dans la plupart des cas.

Toutefois, certaines expériences malheureuses ont été vécues dans quelques projets. Sherbrooke et la fermeture de son « giratoire » ainsi que Val-d'Or et le problème de dimensionnement de l'anneau en sont des exemples. En effet, malgré les résultats satisfaisants dans l'ensemble, l'examen plus précis des différentes implantations fait apparaître certaines lacunes dans les domaines de la conception, de la signalisation et de la conception. Le « giratoire » de Sherbrooke qui a dû être fermé pour des raisons de sécurité est le cas le plus parlant. Ce projet peu réfléchi a amené l'aménagement d'un carrefour de conception bâclée, à la signalisation défailante et accompagné d'une campagne de communication insuffisante.

Si le cas de Sherbrooke est le plus extrême, il n'en demeure pas moins qu'aucune autre implantation n'a été pleinement satisfaisante. Chacune a donné lieu à au moins une erreur en conception, en signalisation ou en communication (tableau XV). Or ces éléments sont primordiaux pour que l'acception et le fonctionnement du giratoire s'effectuent sans accroc.

Tableau XV

Récapitulatif des performances de la communication, de la conception et de la signalisation des projets québécois étudiés

Lieu d'implantation	Conception	Signalisation	Communication
Chicoutimi	mauvaise	mauvaise	bonne
Mirabel	bonne	mauvaise	bonne
Mont-Tremblant	bonne	mauvaise	bonne
Saint-Laurent	bonne	bonne	mauvaise
Saint-Louis-de-France	bonne	bonne	mauvaise
Sherbrooke	mauvaise	mauvaise	mauvaise
Val-d'Or	passable	mauvaise	passable

À la décharge de ces projets, toutes ces implantations avaient le mérite d'essayer une solution innovante pour régler certains problèmes de circulation. Et chacune de ces implantations a dû se faire en l'absence du guide du MTQ. Les désagréments des premiers carrefours giratoires devraient donc pouvoir être désormais évités si les personnes impliquées dans les projets s'en tiennent aux règles de l'art.

Finalement, l'édition du document de référence du MTQ offre aux concepteurs un appui pour les projets où le carrefour giratoire semble être une solution possible. La publication du guide a été effectuée suffisamment tôt pour ne pas voir pousser sur le territoire québécois des giratoires de conceptions inhomogènes où ce seraient les usagers et, en fin de compte, la communauté dans son ensemble qui seraient perdants.

## **CHAPITRE 4**

### **RECOMMANDATIONS POUR L'IMPLANTATION DE CARREFOURS GIRATOIRES AU QUÉBEC**

Désormais, l'implantation du giratoire au Québec ne peut plus être évitée. Les nombreux projets en cours de conception ou de réalisation montrent que la mode du giratoire s'est établie solidement dans la province. Bien sûr, l'arrivée des giratoires semble devoir apporter de bons résultats au Québec, comme ça a été le cas ailleurs. Toutefois, toute précipitation doit être prévenue afin d'éviter certains abus. En effet, il est encore temps d'endiguer la fougue de certains concepteurs pour laisser à chacun le temps de se familiariser avec ce type d'intersection avant de concevoir des projets d'envergure excessive.

L'aménagement du giratoire au Québec doit, pour ses débuts tout au moins, rester le plus prudent possible. La conduite des projets de giratoire doit se faire le plus méticuleusement possible, afin que le public s'habitue peu à peu à ce nouvel aménagement. Les quelques recommandations qui suivent sont le résultat de la confrontation des expériences étrangères, des expériences québécoises et des spécificités du Québec. Elles ont pour but d'attirer l'attention sur des points d'importance cruciale.

#### **4.1      Recommandations techniques**

Du point de vue technique, le giratoire se doit d'être irréprochable pour fonctionner sans le moindre problème. Le public et les usagers auront tôt fait de demander le démantèlement des giratoires si les premières implantations donnent des résultats peu convaincants. Malheureusement, les giratoires qui ont été construits jusqu'ici au Québec ne sont pas des expériences pleinement satisfaisantes. Lors de la plupart des

implantations, des erreurs et des oublis ont été commis. Il semble donc important de rappeler quelques éléments critiques de la conception des giratoires.

#### 4.1.1 Conditions d'implantations

Le choix du carrefour giratoire doit naître d'une réflexion rigoureuse et objective. En l'absence d'étude critique des diverses solutions envisageables, le choix arbitraire du giratoire risque de mener le projet à un échec. En effet, le giratoire n'est pas la solution miracle à tous les problèmes rencontrés aux intersections. Il doit respecter certaines limites au-delà desquelles il devient inefficace et, voire même, dangereux.

Au Québec comme dans les autres pays où le giratoire est déjà présent, les conditions favorables et défavorables d'implantation sont les mêmes. L'annexe 3 résume les principaux environnements où l'implantation d'un giratoire est recommandée ou non.

Toutefois, si suffisamment d'efforts ont été placés dans la conception du giratoire, des solutions innovantes peuvent être développées pour mieux répondre aux besoins spécifiques d'une situation. Le double-giratoire et l'échangeur-lunette sont les exemples de l'adaptation du giratoire à des milieux originellement hostiles à son implantation.

#### 4.1.2 Conception générale

La conception du giratoire, tout en respectant les règles de l'art, doit répondre aux besoins de tous les usagers. Cyclistes, piétons, automobilistes et chauffeurs de poids lourds n'ont pas tous les mêmes attentes mais doivent tous être capables de traverser le carrefour giratoire sans encombre. La conception géométrique du giratoire doit faciliter la circulation fluide de chacun tout en assurant la sécurité de tous.

Les dimensions du giratoire et le nombre de voies dans l'anneau et sur les approches doivent ainsi être étudiés minutieusement. À cette fin, outre l'étude des divers flux, le choix du véhicule et de la vitesse de conception est notamment très important. Par

ailleurs, l'augmentation de la capacité du carrefour ne doit se faire ni au détriment des traversées sécuritaires des piétons et cyclistes, ni au détriment de la sécurité des automobilistes eux-mêmes. Un compromis acceptable doit être trouvé entre capacité et sécurité. Ainsi, lors de la conception du giratoire, les points suivants ne doivent pas être oubliés :

- a. les approches et anneaux à plusieurs voies et l'évasement doivent être proscrits des lieux où la population piétonnière ou cycliste est importante ;
- b. en corollaire, la fluidité de la géométrie doit être un subtil compromis entre sécurité et capacité. Une déflexion peu prononcée, des rayons trop grands et des largeurs de voies trop importantes permettent aux véhicules de circuler à haute vitesse. Le giratoire est alors susceptible de perdre son atout sécuritaire ;
- c. l'aménagement de pistes cyclables est nécessaire lorsque la circulation des cyclistes est risquée (flux ou vitesses trop grands) ;
- d. l'aménagement des passages piétonniers doit assurer aux piétons une traversée sécuritaire. Les passages devraient être surélevés, marqués par des zébras et soulignés par la présence d'enrobés colorés pour une meilleure visibilité. Dans certains cas extrêmes, on peut avoir recours à l'utilisation de signaux lumineux pour signifier la présence du passage (mais lorsque la conception est suffisamment bien faite, un tel aménagement ne devrait pas être nécessaire) ;
- e. l'aménagement des abords du giratoire doit dissuader les piétons d'effectuer des traversées illégales. L'emploi du mobilier urbain ou de l'aménagement paysager peut permettre la canalisation des déplacements des piétons et leur acheminement vers les zones de traversée sécuritaire. De plus, la localisation et la qualité du passage piétonnier doivent être irréfutables afin d'inciter les piétons à traverser aux endroits prévus ;
- f. la visibilité de l'aménagement et des autres usagers doit être adéquate. L'aménagement paysager et l'éclairage du giratoire doivent faciliter la perception

de la géométrie et des conflits potentiels afin d'aider les conducteurs dans leurs manœuvres ;

- g. certains aménagements spécifiques peuvent être installés lorsque la présence de malvoyants est notable. Bandes au sol texturées, guide sonore, bordure de guidage sont autant d'options disponibles. Par contre, l'utilisation de feux commandés par le piéton est à déconseiller car il supprime l'avantage du giratoire de s'adapter aux divers flux.

Lors des premières implantations de giratoire au Québec, le problème de la signalisation a été récurrent. Aucune plainte n'a été enregistrée dans les seuls cas de Saint-Laurent et de Saint-Louis-de-France. Au-delà de la question de savoir si ces plaintes concernent une insuffisance réelle de signalisation ou insuffisance seulement ressentie, les concepteurs doivent être conscients du besoin des usagers d'une signalisation claire et précise. Toutefois, la surabondance de signalisation nuit également à la compréhension du carrefour.

Les expériences québécoises ont également parfois mené à l'obtention de faux giratoires, comme dans les cas de Chicoutimi et de Sherbrooke. En effet, les intersections circulaires qui y ont été construites ne respectaient pas les principes de base des carrefours giratoires. Les gains en sécurité et en fluidité du trafic sont donc inférieurs à ceux qui auraient été observés avec un aménagement plus rigoureux. Désormais, les concepteurs peuvent et doivent utiliser le guide du MTQ pour assurer un aménagement du giratoire le plus conforme possible aux lois de conception communément admises.

Par ailleurs, l'implantation des giratoires au Québec a tout intérêt à être effectuée de façon similaire sur l'ensemble du territoire. Ainsi, les usagers s'adapteront plus facilement à ce nouvel aménagement et sauront comment s'y comporter lorsqu'ils le retrouveront en dehors de leur environnement habituel. Dans ce souci d'obtenir des aménagements homogènes sur l'ensemble du territoire, la publication du document de référence par le MTQ propose enfin aux concepteurs québécois des bases communes

de réflexion, de conception et de construction des giratoires, assurance d'une certaine homogénéité de tous les giratoires à venir.

#### 4.1.3 Conception structurelle

Selon le CERTU (2000b), la conception structurelle du carrefour giratoire doit être adaptée à son environnement climatique. Or, le climat québécois est caractérisé par ces hivers vigoureux. La conception structurelle doit donc tenir compte des cycles de gel-dégel et des précipitations qu'on observe au Québec.

Les sollicitations accentuées que subit la chaussée (section 2.2.2) nécessitent un traitement spécial du revêtement de la chaussée dans l'anneau. En l'absence de recommandations québécoises sur le sujet, les concepteurs peuvent utiliser les caractéristiques de l'enrobé recommandé par le CERTU pour l'implantation de giratoire dans les milieux montagneux français où les conditions hivernales sont semblables à celles du Québec.

Le tableau XVI présente les caractéristiques nécessaires de ce type d'enrobé bitumineux selon le type de trafic de l'intersection considérée. Trois classes de trafic y sont répertoriées :

- a. T5 : de 1 à 25 poids-lourds par jour (zone à faible trafic : secteur résidentiel, zone piétonnière, etc.)
- b. T3 : de 25 à 150 poids-lourds par jour (zone à trafic moyen : artère principale, zone commerciale, etc.)
- c. T1 : de 150 à 1000 poids-lourds par jour (zone à trafic lourd : autoroute, zone industrielle, etc.)



Tableau XVI

Caractéristiques désirées de l'enrobé selon la densité du trafic

Trafic	Type de bitume à utiliser	Résistance à l'orniérage
T5	Bitume pur	Aucune spécification
T3	Bitume pur ou modifié	Déformation $\leq 10$ %
$\geq T1$	Bitume modifié	Déformation $\leq 5$ %

(Source : CERTU, 2000b)

#### 4.1.4 Construction

Tout comme la conception, la construction doit être la plus rigoureuse possible. Dans plusieurs des cas étudiés, la construction du giratoire n'était pas achevée lors de la venue de l'hiver. L'ouverture à la circulation des giratoires non achevés a causé plusieurs désagréments. Les usagers, face à l'insuffisance en signalisation, ne savaient pas comment se comporter dans le giratoire et le traversaient en toute insécurité. Des problèmes d'arrachement de la bordure de la bande franchissable ont également été observés à cause de la présence d'une unique couche de pavage alors que plusieurs couches sont nécessaires pour augmenter la durée de vie de la chaussée.

#### 4.1.5 Entretien

L'entretien hivernal des giratoires ne devrait pas être problématique. Les expériences étrangères comme les expériences québécoises montrent qu'avec une attention spéciale et une formation adéquate du personnel d'entretien, le dégagement de la neige et le déglacage ne sont pas plus difficile que dans d'autres aménagements. Rossetti (2002) souligne même que grâce à sa forme géométrique, le giratoire facilite les manœuvres des camions. Dubois (2003) précise tout de même que l'entretien

hivernal est difficile avec les équipements classiques pour les giratoires de dimensions réduites. Un équipement particulier de déneigement pourrait donc être prévu pour dégager correctement le giratoire sans devoir effectuer des manœuvres complexes, principalement selon les dimensions de l'îlot central.

Par ailleurs, cet entretien hivernal doit être effectué avec application particulière. À cause du dévers vers l'extérieur, un giratoire mal déglacé se transforme en une dangereuse patinoire pour les véhicules. En outre, le dégagement de la neige de la bande franchissable des giratoires semi-franchissables et de l'îlot central des mini-giratoires est essentiel pour que les automobilistes distinguent bien les différents éléments de l'aménagement. L'entretien hivernal des giratoires, tout comme celui des routes sinueuses, est tout simplement plus critiques que celui des voies de circulation rectilignes, sans être pour autant plus problématique.

De plus, l'amoncellement de la neige, notamment sur les côtés des voies d'entrée et de sortie du giratoire, gêne la visibilité des différents usagers. Or cette visibilité est essentielle pour que les véhicules puissent entrer et sortir de l'anneau en toute sécurité. L'enlèvement de la neige des bas-côtés est donc une condition nécessaire au bon fonctionnement du giratoire.

Finalement, l'entretien hivernal des giratoires pose le problème des giratoires semi-franchissables et des mini-giratoires. La bande franchissable des giratoires semi-franchissables et l'îlot central des mini-giratoires risquent en effet d'être arrachés lors du passage des véhicules d'entretien. Si l'arrachement de la bande franchissable demeure évitable (dans le cas d'une conception attentive et d'un entretien tout aussi attentif), celui de l'îlot central des mini-giratoires est plus problématique. En l'absence d'expérimentation sur ce type de giratoire, il serait préférable d'éviter leur implantation.

## 4.2 Communication

Les giratoires, comme tout nouvel aménagement, suscitent de nombreuses craintes tenaces chez de nombreux usagers. Ces craintes sont souvent fondées sur la méconnaissance du giratoire ou la confusion de celui-ci avec son ancêtre, le rond-point, qui est encore présent sur le sol québécois. C'est là que la campagne de communication trouve toute son importance.

### 4.2.1 Communication tout au long du projet

La campagne de communication est un outil d'autant plus essentiel lors de l'implantation d'un giratoire que cet aménagement est nouveau au Québec. Pour que la campagne de communication soit optimale, elle doit accompagner l'implantation du giratoire du début du projet jusqu'à sa fin. Les consultations puis les communications doivent commencer très tôt avant l'implantation du giratoire et se terminer qu'une fois que les usagers circulent sans difficultés majeures dans le giratoire.

Au début, en plus de prévenir les usagers de l'ouverture prochaine d'un nouveau type de carrefour, elle doit dissiper les préjugés négatifs, en montrant les avantages qu'offre ce type d'aménagement et ses différences avec le rond-point, et rassurer les usagers en leur montrant les manœuvres à effectuer à l'approche du giratoire et dans le giratoire. Selon Adam (2002), la campagne doit également informer les futurs usagers du giratoire des différents panneaux qu'ils rencontreront aux abords du giratoire.

D'après les expériences québécoises étudiées, on remarque que le manque de civisme et les excès de vitesse sont très répandus dans les giratoires de la province. Il est vrai que dans d'autres pays comme la France, le « cédez le passage » est un mode de gestion des intersections beaucoup plus répandu qu'au Québec. Or, son respect est un point essentiel pour le bon fonctionnement d'un giratoire. La campagne doit donc insister, d'une part, sur le respect du panneau et de la ligne de « cédez le passage » et, d'autre part, sur le respect de la limite de vitesse et du passage piétonnier.

Par la suite, la campagne de communication doit se poursuivre jusqu'à ce que les usagers se soient familiarisés avec le nouvel aménagement. À Val d'Or, les panneaux à messages variables ont été laissés en amont du giratoire pendant une certaine période après la fin des travaux (Adam, 2002). Selon Hyden et Varhelyi (2000), il serait ainsi préférable de continuer la campagne jusqu'à quatre mois après l'ouverture à la circulation du giratoire.

#### 4.2.2 Communication pour tous les usagers

La communication concernant l'implantation d'un carrefour giratoire doit bien entendu s'adresser aux automobilistes et leur indiquer comment se comporter dans le giratoire. Cependant, il ne faut pas oublier deux populations particulières qui traverseront aussi le carrefour : (a) les véhicules longs, tels que les poids lourds, hors normes et autobus, et (b) les usagers plus vulnérables, tels que les cyclistes, les piétons, les malvoyants, etc. Ces populations là exigent en effet une information plus spécifique que celle destinée aux conducteurs de voitures particulières car elle doit répondre aux besoins de chacun.

Les chauffeurs de véhicules longs doivent en effet apprendre à circuler dans un carrefour giratoire. La campagne de communication doit leur enseigner quelle est la vitesse de circulation recommandée, comment se servir des zones franchissables lorsque cela est nécessaire et quelle trajectoire préférer lorsque la chaussée est glissante.

Les piétons et, encore plus, les cyclistes doivent également faire l'objet d'une attention toute particulière car ils représentent les populations les plus vulnérables dans le giratoire. Les piétons doivent être informés de l'interdiction de traverser le carrefour par l'îlot central et de la traversée en deux temps des approches grâce aux îlots séparateurs. Les cyclistes, quant à eux, doivent être avisés des choix qui s'offrent à eux selon les aménagements prévus. C'est-à-dire, de la possibilité de poursuivre leur chemin sur la chaussée avec les véhicules si cela est suffisamment sécuritaire, ou bien

d'emprunter la bande cyclable à l'intérieur de l'anneau ou la piste cyclable à l'extérieur si la traversée sur la même voie que les véhicules est trop risquée.

À propos des personnes présentant des déficiences visuelles, la communication ne doit pas s'arrêter à la simple information théorique. En effet, lorsque le giratoire est susceptible d'être traversé par des malvoyants, il paraît judicieux d'amener ces personnes sur le lieu même du giratoire pour les familiariser avec le nouvel aménagement. N'oublions pas que, avec le temps, les malvoyants parviennent à traverser les giratoires sans difficultés notoires et, surtout, sans la fausse impression de sécurité qu'ils ont aux carrefours à feux ou à arrêts.

#### 4.2.3 Autres considérations liées à la communication

Afin d'atteindre ses objectifs, la campagne de communication doit utiliser tous les outils disponibles. Elle peut par exemple s'appuyer sur les diffusions de messages dans les journaux, à la radio et à la télévision mais également sur la distribution de brochures d'information, la création d'un site Internet et la tenue de réunion d'information. Lorsque les usagers ne sont pas encore habitués à ce type d'aménagement qu'est le giratoire, il ne faut pas hésiter à accomplir un véritable matraquage médiatique comme celui qui a eu lieu à Val-d'Or, en utilisant un maximum de média pour atteindre tous les usagers potentiels.

La communication ne règle toutefois pas tous les problèmes rencontrés par les usagers. Il est vrai que certains usagers continueront à ne pas se sentir en sécurité dans un carrefour giratoire, ou certains autres, comme le souligne Dubois (2003), continueront à ressentir un certain inconfort à cause de la force centrifuge induite par la géométrie du giratoire. La communication doit tout de même aborder ces points. Mais, finalement, c'est une question de bon sens : vaut-il mieux un carrefour sécuritaire et non congestionné mais où on a un peu mal au cœur et où on est obligé de faire attention aux manœuvres des autres véhicules, ou bien un carrefour classique, où tout le monde est à l'aise mais qui est polluant, dangereux et congestionné.

Le choix du carrefour giratoire doit être également un choix politique. Il permet en effet aux automobilistes de circuler en plus grande sécurité et plus rapidement que dans un carrefour à feux, bien qu'ils ressentent le contraire. La communication doit donc appuyer le choix du giratoire en montrant que ces impressions sont fausses et que, malgré l'inconfort éventuel du giratoire, les bénéfices de l'implantation des giratoires sont substantiels.

### **4.3 Recherches nécessaires**

Le concept du giratoire est en constante évolution. À partir de l'idée originale du giratoire classique, sont apparus les mini-giratoires, les double-giratoires, les échangeurs-lunettes, sans parler de l'évolution de la conception géométrique même du giratoire. Parmi ces différents aménagements et ces différentes conceptions, certains choix restent controversés, d'autres semblent mal appropriés au Québec. Ainsi, avant de se prononcer sur ces détails plus subtils, il serait intéressant de disposer d'études sur ces problèmes.

#### **4.3.1 Recherche au niveau mondial**

Certains aspects des giratoires, tels que la « courbe contre courbe », les aménagements pour les malvoyants et pour les cyclistes, ne sont pas encore tout à fait au point. Souvent, ils sont reconnus comme étant efficaces par les uns et insécuritaires par les autres.

Le débat sur la « courbe contre courbe » est amorcée entre diverses administrations. Son usage en milieu rural est en effet recommandé lorsque les usagers ont tendance à arriver à trop grande vitesse dans le giratoire. Il risque cependant de provoquer des accidents en obligeant les conducteurs à ralentir pour pouvoir suivre la succession de courbes. D'autres moyens existent pourtant pour obliger les véhicules à ralentir ou pour prévenir les conducteurs de la présence d'un obstacle droit devant eux (signaux

lumineux, rétrécissement de la chaussée, etc.). Le recours à ces alternatives semble a priori préférable mais une étude approfondie serait souhaitable.

Les aménagements possibles pour les malvoyants sont nombreux. Plusieurs études sur cette population particulière divergent en de nombreux points. Afin de mieux répondre aux besoins des malvoyants, une étude complète et objective de leur capacité à traverser les giratoires serait nécessaire.

La sécurité des cyclistes est toujours en question dans les giratoires. Brûde et Larsson (2002) apportent quelques éclaircissements sur les causes de cette insécurité. La recherche de solutions innovantes prenant en compte ces indications permettraient d'assurer aux cyclistes le même gain en sécurité qu'aux autres types d'usager.

Que ce soit au niveau mondial ou au niveau de la province, des programmes de recherche sur ces aspects permettraient de mieux comprendre leur influence sur la sécurité des usagers et sur le fonctionnement du giratoire. En l'absence de position unanime et claire sur ces sujets, la prudence est de mise lors de leur utilisation.

#### 4.3.2 Recherche au niveau provincial

D'autres recherches ou études plus spécifiques au Québec devraient également se tenir sur d'autres points importants. Ainsi la pertinence de l'implantation des mini-giratoires au Québec est loin d'être évidente. Les difficultés éventuelles d'entretien hivernal et le manque d'habitude des usagers à circuler dans les giratoires classiques devraient repousser l'utilisation de tels aménagements, au moins lors des débuts des giratoires au Québec.

La signalisation dans les giratoires pose apparemment de gros problèmes aux automobilistes. Si les plaintes sont dues à une signalisation effectivement déficiente, il est clair que les concepteurs et les entrepreneurs devraient faire plus attention à cet élément. Mais, dans le cas où la déficience de la signalisation n'est pas effective mais

seulement ressentie par les automobilistes, une étude de la pertinence et de la compréhension par les usagers de la signalisation mise en place jusqu'ici s'avérerait nécessaire.

Le dévers orienté vers l'extérieur du giratoire pose également problème en hiver, lorsque du verglas se dépose sur la chaussée. Il serait donc intéressant de savoir si le dévers vers l'intérieur est techniquement (rayon de raccordement entre les différentes chaussées, drainage de l'eau dans l'îlot central) et économiquement (surcoût lié à la réalisation d'un tel dévers) réalisable. Une telle solution permettrait d'implanter un giratoire encore plus performant en terme de sécurité et nécessitant un niveau d'entretien équivalent à celui d'une intersection classique.

Finalement, ne connaissant pas l'influence des comportements des usagers sur la sécurité et les performances des giratoires québécois, des études propres au Québec et effectuées sur les giratoires présents sur le territoire québécois devraient être menées afin de mieux cerner les avantages et les inconvénients des giratoires au Québec. Ainsi, les études avant-après devraient être encouragées lors de chaque nouvelle implantation de giratoire.

#### **4.4 Stratégie d'implantation**

Le Québec possède un net avantage sur d'autres pays tels que l'Angleterre ou la France, où les giratoires, lors de leur implantation, étaient des aménagements inédits au niveau mondial et où tout, ou presque tout, était à inventer. De l'expérience amassée un peu partout dans le monde et des premières tentatives d'implantation au Québec, une stratégie d'implantation des giratoires à venir peut être proposée.



#### 4.4.1 Premiers giratoires

Idéalement, dans un premier temps, l'implantation des giratoires doit se faire progressivement, de telle sorte que les différents intervenants professionnels et les usagers puissent se familiariser avec eux. À cette première étape, un soin particulier doit être apporté à tous les niveaux du projet.

##### Types de giratoires à préférer

Les premiers giratoires à planter au Québec doivent être les plus simples possibles. Ils permettront à la fois aux concepteurs, aux entrepreneurs et aux usagers de s'habituer à ce nouvel aménagement. Des géométries trop complexes risquent en effet de jeter tout le monde dans la confusion.

Tous les giratoires ou aménagements faisant appel aux giratoires trop complexes ou les giratoires à la géométrie particulière ne devraient pas être utilisés dans un premier temps. Ainsi, devraient être évités :

- a. les mini-giratoires ;
- b. les double-giratoires ;
- c. les giratoires avec évasement ;
- d. les giratoires avec « courbe contre courbe » ;
- e. les giratoires non symétriques ;
- f. les giratoires à plus d'une voie dans l'anneau en présence de piétons ou de cyclistes ;
- g. les aménagements faisant appel à plusieurs giratoires d'affilée.

De plus, les premiers giratoires doivent faire l'objet d'études d'impact avant-après afin de connaître les bénéfices et les pertes en terme de sécurité, de coût, de fluidité du trafic, d'impact sur l'environnement et d'impact sur la population. À terme, ces études

peuvent permettre d'optimiser les performances des giratoires et de les comparer à celles des autres types d'intersection.

#### Environnement d'implantation à préférer

L'implantation des premiers giratoires doit également se faire dans les zones les moins problématiques. Un temps d'adaptation et d'ajustement des différents intervenants dans les projets doit être respecté. Lorsque ceux-ci auront acquis suffisamment d'expérience, ils pourront travailler sur les intersections plus problématiques.

Ainsi, les zones aux caractéristiques suivantes devraient être évitées les premiers temps :

- a. forte présence de cyclistes ;
- b. forte présence de personnes présentant des handicaps physiques ou visuels ;
- c. circulation à vitesse trop élevée des véhicules ;
- d. zone à visibilité réduite.

Outre l'expertise acquise avec l'expérience, l'obtention des résultats des différentes recherches suggérées plus haut permettrait également l'implantation plus rapide des giratoires dans ces environnements problématiques.

#### Communication

La campagne de communication, surtout lors des premières implantations des giratoires, tient un rôle important dans le succès des projets. Les Québécois ne connaissent généralement pas ce type d'aménagement et ont donc besoin d'être rassurés. Il est donc primordial de leur montrer ses avantages, ses inconvénients et, surtout, son mode de fonctionnement. La communication doit également viser

spécifiquement chaque type d'utilisateur pour qu'aucun ne se sente mal à l'aise dans le giratoire.

Il semble par ailleurs nécessaire de rappeler aux conducteurs la signification des principaux panneaux qu'ils sont susceptibles de rencontrer aux abords des giratoires. Le respect des piétons et de la ligne de « cédez le passage » doit notamment être une des priorités de la communication en direction des automobilistes.

#### 4.4.2 Vers des giratoires plus complexes

Lorsque l'expérience québécoise sera plus étoffée et que les diverses recherches auront apporté des réponses plus claires aux problèmes encore en suspend, les concepteurs pourront peu à peu tenter d'implanter des giratoires à des intersections plus problématiques ou de conception plus complexe.

## CONCLUSION

Après s'être différencié du rond-point par l'apparition de la règle de la priorité à l'anneau, de l'évasement et de la déflexion, le giratoire s'est répandu avec succès un peu partout dans le monde. Désormais, son principe est décliné en divers types de giratoires (giratoire semi-franchissable, mini-giratoire, double-giratoire et échangeur-lunette) afin de s'adapter aux particularités du milieu d'insertion.

L'expérience étrangère, longue et étoffée, montre les difficultés et les avantages rencontrés lors de l'implantation des giratoires. En terme de conception, le giratoire doit s'adapter à son milieu d'implantation afin d'être le plus efficace possible et le plus sécuritaire possible. C'est pourquoi, l'étude préalable de son milieu d'implantation est importante. Elle permet de connaître, afin de les prendre en compte lors de la conception, le climat régional, l'environnement local, les spécificités ponctuelles et, surtout, les divers usagers. En outre, la conception doit être rigoureuse et suivre les principes de base qui ont fait du giratoire un aménagement efficace. Elle doit également tenir compte des derniers avancements dans le domaine de la recherche. Ainsi, il semble désormais préférable d'éviter les « courbes contre courbes », les évasements et le marquage des voies sur l'anneau.

En ce qui concerne la capacité, on observe de façon générale qu'avec une géométrie adéquate le giratoire peut supporter un débit de 5 000 véh/h. Pratiquement, on observe une augmentation de capacité de l'ordre de 30 % lorsqu'un carrefour conventionnel est converti en giratoire. Toutefois, de tels résultats ne peuvent être obtenus que lorsque la distribution des débits n'est pas trop déséquilibrée et lorsque la présence de piétons, de cyclistes et de véhicules lourds n'est pas trop prononcée.

Lors de l'implantation d'un giratoire, en même temps que le gain en fluidité de la circulation, on rencontre un gain consistant en sécurité. Le nombre total d'accidents diminue en effet d'environ 50 % et le nombre d'accidents entraînant des dommages

corporels chute également de 53 %. Ces bons résultats proviennent de la vitesse réduite de circulation dans l'intersection, de la diminution du nombre de points de conflit par rapport à un carrefour conventionnel et de la traversée facilitée des piétons. Malheureusement, contrairement à tous les autres types d'usagers, les cyclistes ne bénéficient pas du même gain en sécurité. Une attention toute particulière devra donc leur être portée.

Malgré ses résultats globalement très satisfaisants, le giratoire est souvent mal accueilli par la population locale. Par exemple, aux États-Unis, avant leur implantation, 68 % des gens ont une opinion négative sur les giratoires. Cependant, après la construction des giratoires, la tendance s'inverse et 73 % des gens ont une opinion favorable envers le giratoire et plus personne n'émet d'opinion négative. Ce revirement est notamment dû à l'habitude prise par les usagers de circuler dans le giratoire et l'indispensable campagne de communication.

Au Québec, aucun des projets d'aménagements étudiés dans le présent document n'est pleinement satisfaisant. Que ce soit en conception, en signalisation ou en communication, il y a toujours au moins un point faible pour chacun des projets. Néanmoins, autant au niveau sécuritaire qu'au niveau circulatoire, les giratoires québécois enregistrent des résultats tout à fait convenables, à l'exception du cas unique de Sherbrooke.

Devant l'intérêt croissant des concepteurs pour le giratoire, le ministère des Transports a récemment publié un guide québécois du giratoire, essentiel pour harmoniser les futures réalisations. Malheureusement, ce document de référence n'insiste pas assez sur l'importance à accorder à la communication, surtout lors des premiers projets, et sur certains éléments techniques nécessaires au fonctionnement sécuritaire du giratoire (forme bombée de l'îlot central et absence souhaitable de l'évasement par exemple).

Le choix du carrefour giratoire doit donc être un choix réfléchi, car il ne représente pas la solution miracle à tous les problèmes rencontrés aux intersections. S'il possède d'indéniables avantages, le giratoire présente en effet de véritables limites. Ainsi, le giratoire doit faciliter la circulation fluide de chacun sans oublier d'assurer la sécurité de tous. S'il est implanté dans des conditions qui lui sont trop défavorables, le giratoire se révèle inefficace, problématique et, parfois même, dangereux. Ainsi, afin d'obtenir un aménagement à la fois performant et sécuritaire, la conception du giratoire doit prendre en compte certains éléments clés :

- a. établir un compromis entre la vitesse de circulation (fluidité de la géométrie) et la sécurité ;
- b. offrir la meilleure visibilité possible à tous les usagers ;
- c. mettre en place des aménagements spécifiques aux usagers vulnérables (cyclistes et piétons et, plus particulièrement, malvoyants).

L'entretien hivernal doit également être un point important à considérer lors de l'implantation d'un giratoire. La combinaison de la déflexion et du dévers orienté vers l'extérieur devient rapidement problématique lors de la présence de glace ou de verglas. Le déneigement et le déglacage doivent donc être effectués de façon prioritaire et minutieuse sur les giratoires.

Pour les premiers projets impliquant l'implantation de giratoire, quelques recommandations doivent être faites. Comme le giratoire est peu connu au Québec, une importante campagne de communication doit être mise en place lors de chaque projet. Elle doit viser tous les usagers pour leur expliquer ce qu'est un giratoire et comment s'y comporter. De même, certains aménagements plus complexes impliquant des giratoires devraient être évités dans un premier temps afin que les usagers s'habituent aux giratoires. Ainsi, devraient être proscrits les aménagements suivants :

- a. les mini-giratoires ;
- b. les double-giratoires ;

- c. les giratoires avec évasement ;
- d. les giratoires avec « courbe contre courbe » ;
- e. les giratoires non symétriques ;
- f. les giratoires à plus d'une voie dans l'anneau en présence de piétons ou de cyclistes ;
- g. les aménagements faisant appel à plusieurs giratoires d'affilée ;
- h. les aménagements sur les intersections où il y a une disproportion nette des débits entre les approches principales et secondaires.

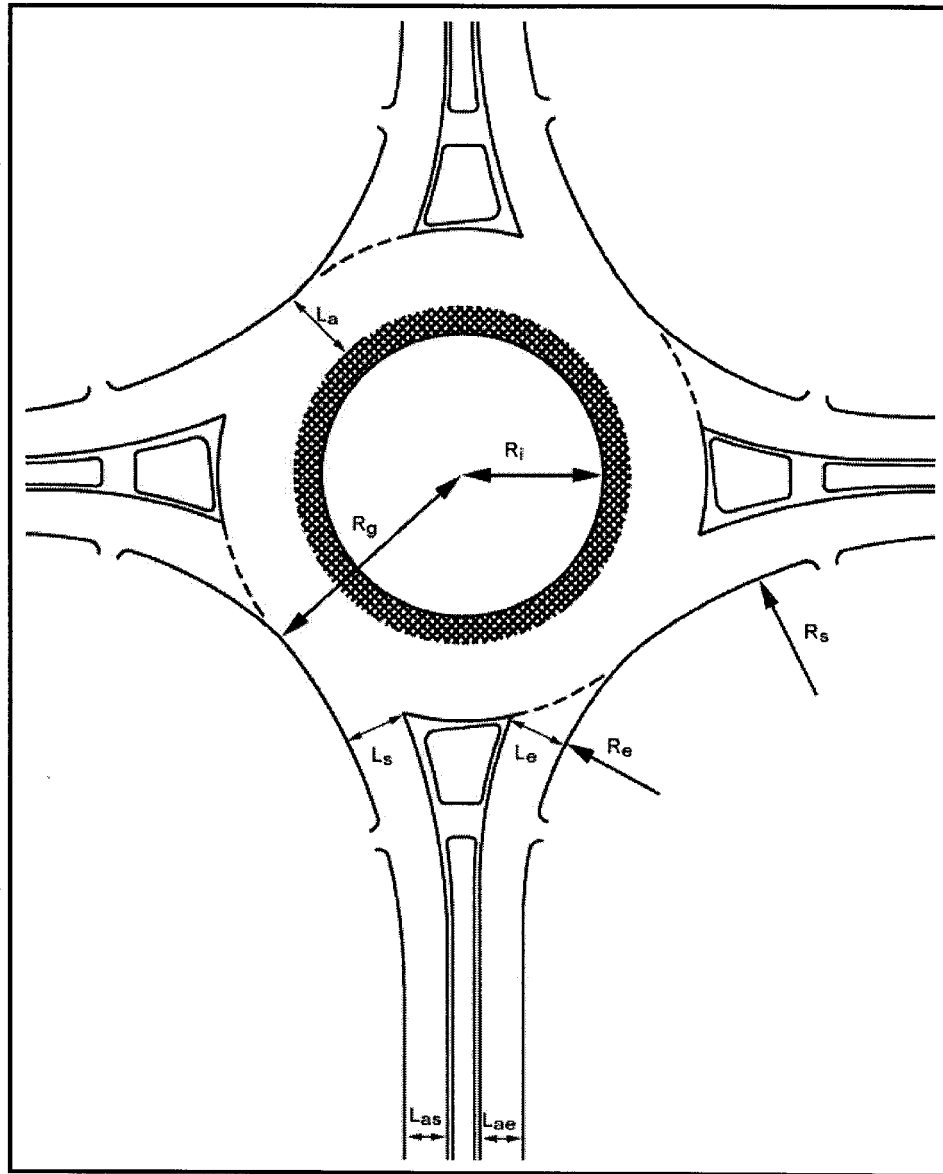
Par la suite, lorsque les usagers seront familiarisés avec l'aménagement des giratoires et lorsqu'une recherche plus spécifiquement québécoise aura proposé des solutions encore plus adaptées au milieu québécois, ces aménagements plus complexes pourront être utilisés sans craindre de rejet ou d'incompréhension de la part des usagers.

Finalement, au-delà de tout préjugé, l'implantation de giratoire au Québec ne semble pas devoir être plus problématique qu'ailleurs dans le monde. Avec un choix, une conception et une construction rigoureux, le giratoire peut parvenir en effet à surmonter les spécificités du Québec pour s'insérer en toute sécurité dans son réseau routier.

## **ANNEXE 1**

### **Aperçu des principales dimensions des carrefours giratoires**



**APERÇU DES PRINCIPALES DIMENSIONS DES CARREFOURS GIRATOIRES**

(Source : adapté de U.S. Department of Transportation, 2000)

Éléments géométriques	Descriptions	Symboles
Rayon du giratoire (ou rayon extérieur)	Distance entre l'extérieur du giratoire et son centre	$R_g$
Rayon intérieur	Distance entre l'extérieur de l'îlot central et son centre	$R_i$
Rayon d'entrée	Rayon intérieur de la voie d'entrée	$R_e$
Rayon de sortie	Rayon intérieur de la voie de sortie	$R_s$
Largeur de la voie d'entrée	Largeur de la voie d'entrée mesurée perpendiculairement à la tangente au giratoire à la jonction avec l'anneau	$L_e$
Largeur de la voie de sortie	Largeur de la voie de sortie mesurée perpendiculairement à la tangente au giratoire à la jonction avec l'anneau	$L_s$
Largeur de l'approche d'entrée	Largeur de la voie d'entrée mesurée perpendiculairement à la tangente au giratoire en amont du carrefour giratoire	$L_{ae}$
Largeur de l'approche de sortie	Largeur de la voie de sortie mesurée perpendiculairement à la tangente au giratoire en amont du carrefour giratoire	$L_{as}$
Largeur de l'anneau	Largeur de la chaussée mesurée perpendiculairement à la tangente au giratoire	$L_a$

## **ANNEXE 2**

### **Avantages et inconvénients du carrefour giratoire**

## AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU CARREFOUR GIRATOIRE

Critères	Avantages	Inconvénients
Sécurité	<p>Accidents moins graves et moins nombreux pour tous les types d'usager</p> <p>Moins de points de conflit</p> <p>Vitesse moindre</p> <p>Visibilité accrue des conflits potentiels</p>	<p>Sécurité des cyclistes difficilement assurable</p>
Circulation automobile	<p>Retards moindres</p> <p>Absence de rigidité dans la gestion des flux</p> <p>Aucun virage à gauche</p>	<p>Type d'intersection mal connue</p> <p>Impression de retard</p> <p>Impression d'insécurité</p> <p>Pas de priorité à l'axe principal</p> <p>Pas de priorité aux transports en commun</p>
Coût	<p>Coût d'entretien moindre</p> <p>Coût social moindre (gain de temps)</p> <p>Coût des accidents moindre</p> <p>Coût environnemental moindre</p>	<p>Coût de construction élevé</p> <p>Coût supplémentaire de l'aménagement paysager</p>
Environnement	<p>Moins de bruit</p> <p>Émissions de gaz polluant moindres</p> <p>Esthétique</p>	
Entretien	<p>Aucun entretien de feux</p>	<p>Réfection de la chaussée annulaire bloquant la circulation</p> <p>Entretien hivernal contraignant</p>
Piétons et cyclistes	<p>Îlots séparateurs servant de refuge pour les piétons et les cyclistes</p>	<p>Difficultés à traverser pour les malvoyants</p> <p>Impression de retard et d'insécurité</p>

## **ANNEXE 3**

**Conditions favorables et défavorables pour l'implantation d'un carrefour giratoire**

## CONDITIONS FAVORABLES ET DÉFAVORABLES POUR L'IMPLANTATION D'UN CARREFOUR GIRATOIRE

Conditions favorables	Conditions défavorables
Fort taux d'accident à l'intersection (concernant les mouvements de tourne à gauche et tourne à droite, notamment)	Intersection où il est impossible d'obtenir une conception satisfaisante
Capacité de stockage de l'intersection limitée	Intersection où il est difficile d'obtenir un aménagement plan
Artères interurbaines et rurales congestionnées	Intersection où il y a une disproportion accentuée des flux entre la route principale et la secondaire
Pour remplacer deux intersections rapprochées	Visibilité non suffisante
Intersection où des routes majeures se croisent en Y ou en T	Présence très importante de cyclistes ou piétons
Intersection où les routes mineures sont fortement retardées	Présence d'handicapés ou de malvoyants
Intersection où la vitesse limite change	Présence d'une bande verte (feux synchronisés)
Intersection importante du point de vue urbanistique	Présence d'une caserne de pompier
Intersection où des demi-tours sont souvent effectués	Proximité d'un chemin de fer
Croisement avec forte proportion de « tourne à gauche »	Proximité de feux de circulation risquant de provoquer des files bloquant le giratoire
Croisement à géométrie inusuelle	Large proportion de véhicules lourds
Croisement à plus de 4 approches	Jonction de voies dont les vitesses sont très différentes
Croisement à 4 arrêts	Itinéraire prioritaire de transport en commun
Échangeur autoroutier	

## **ANNEXE 4**

### **Statistiques d'accidents à Chicoutimi**

### STATISTIQUES D'ACCIDENTS À CHICOUTIMI

Nombre d'accidents au croisement Roussel / du Pont avant la construction des giratoires

Années	Nombre d'accidents au croisement Roussel / du Pont
1992	5
1993	2
1994	5
1995	1
1996	2
Total	15
Moyenne annuelle	3,00

(Source : adapté de Service d'urbanisme de la ville de Chicoutimi, 2001)

Nombre d'accidents à l'intersection après l'implantation du giratoire

Années	Nombre d'accidents au giratoire Roussel / du Pont
1997	1
1998	1
1999	3
2000	2
Total	7
Moyenne annuelle	1,75

(Source : adapté de Service d'urbanisme de la ville de Chicoutimi, 2001)



## BIBLIOGRAPHIE

Aberdeen City Council. (2001). *Winter Maintenance 2001-2002 : Specification and Operation Plan*. Aberdeen, Grande-Bretagne : Auteur.

Adam, L. (2002). *Un carrefour giratoire, c'est simple et sécuritaire*. Article présenté au Colloque les carrefours giratoires de l'AQTR et de l'AIMQ, Montréal, QC.

Akçelik, R., Chung, E., Besley, M. (1998). Roundabouts : Capacity and Performance Analysis. *Road and Transport Research*, 7(1), 56-64.

Al-Masaeid, H. R. (1999). Capacity and Performance of Roundabouts. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 26(5), 597-605.

Al-Masaeid, H. R., Faddah, M. Z. (1996). Capacity of Roundabouts in Jordan. *Transportation Research Record*, 1572, 76-85.

Arndt, O. K., Troutbeck, R. J. (1995). *Relationship Between Roundabout Geometry and Accident Rates*. Article présenté au International Symposium on Highway Geometric Design Practices, Boston, MA.

Bared, J. G. (1997). Roundabouts : Improving Road Safety and Increasing Capacity. *Transportation Research News*, 151, 13-15.

Bared, J. G., Kaisar, E. I. (2002). Does Your Interchange Design Have You Going Around in Circles. *Public Roads*, 66(3), 43-47.

Belovski, J., Chevalier, N. (2000). *Faisabilité des carrefours giratoires*. Article présenté au 35e Congrès Annuel de l'AQTR, Québec, QC.

Bergh, T. (1998). *Roundabouts : Current Swedish Practice and Research*. Article présenté au Third Symposium on Intersections Without Traffic Signals, Copenhagen, Danemark.

Bisson, J. G. (2002). *Le carrefour giratoire de Val-d'Or*. Article présenté au Colloque les carrefours giratoires de l'AQTR et de l'AIMQ, Montréal, QC.

Bisson, J. G., Iracà, H. (2003). Le carrefour giratoire et le passage des véhicules hors normes. *Innovation Transport*, 15, 11-15.

Boender, J. P. (1999). Carrefours giratoires : les nouvelles directives néerlandaises. *Routes/Roads*, 301, 57-63.

Bordeleau, B. (2003). *Évaluation et évolution de 1985 à 2000 des coûts de l'insécurité routière au Québec*. Article présenté au 38<sup>e</sup> Congrès annuel de l'AQTR, Sherbrooke, QC.

Brilon, W., Vandehey, M. (1998). Roundabouts : The State of the Art in Germany. *Institute of Transportation Engineers Journal*, 68(11), 48-54.

Brown County Planning Commission. (2001). *Lineville Road Roundabout Study*. Green Bay, WI : Auteur.

Brüde, U., Larsson, J. (2000). What Roundabout Design Provides the Highest Possible Safety ? *Nordic Road & Transport Research*, 2, 17-21.

Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. (1993). *Actes du séminaire*. Article présenté au séminaire Giratoire 92, Paris, France.

Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. (1999). *Guide : Carrefours urbains*. Lyon, France : Auteur.

Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. (2000a). *Giratoires en ville, mode d'emploi*. Lyon, France : Auteur.

Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. (2000b). *Conception structurelle d'un giratoire en milieu urbain*. Lyon, France : Auteur.

City of Lincoln. (2000a). *33rd Street & Sheridan Blvd Roundabout Project : Roundabout Advantages*, [En ligne]. <http://lincolnroundabout.com/why/> (Consulté le 22 Août 2001).

City of Lincoln. (2000b). *33rd Street & Sheridan Blvd Roundabout Project : Circular Solutions to Traffic Problems*, [En ligne]. <http://lincolnroundabout.com/brochure/> (Consulté le 22 Août 2001).

De Leeuw, M. A. M., Botma, H., Bovy, P. H. L. (1999). Capacity of Single-Lane Roundabouts with Slow Traffic. *Transportation Research Record*(1678), 55-63.

Dubois, J.-F. (2003). Les carrefours giratoires. *Infrastructures*, 8(5), 20-21.

Elbadrawi, H. R. (2000). *A Computer Simulation Model for Single-Lane Roundabouts*. Thèse de doctorat, Florida International University, Miami, FL.

Elvik, R. (2003). *Effects on Road Safety of Converting Intersections to Roundabouts : A Review of Evidence from non-US Studies*. Article présenté au 82<sup>nd</sup> TRB 2003 Annual Meeting, Washington, DC.

Flannery, A. R. (1998). *A Study of the Traffic Operational, Design and Safety Characteristics of Single Lane Roundabouts in the United States*. Thèse de doctorat, Pennsylvania State University, University Park, PA.

Flannery, A. R. (2001). Geometric Design and Safety Aspects of Roundabouts. *Transportation Research Record*, 1751, 76-81.

Flannery, A. R., Elefteriadou, L. (1997). *A Review of Roundabout Safety Performance in the United States*. Article présenté au ITE Annual Meeting 1997, Boston, MA.

Florida Department of Transportation. (1999). *How to Ride a Roundabout*, [En ligne]. [http://www.myflorida.com/safety/ped\\_bike/brochures/pdf/htrrbt.pdf](http://www.myflorida.com/safety/ped_bike/brochures/pdf/htrrbt.pdf) (Consulté le 09 Octobre 2002).

Food and Agriculture Organization of United Nations. (1997). *Koepfen's Climate Classification : Class D : Cold*, [En ligne]. <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/SUSTDEV/Eldirect/climate/Elsp0058.htm> (Consulté le 01 Juin 2003).

Garder, P. E. (2002). *Long-Term Evaluation of the Gorham Roundabout*. Article présenté à la 4<sup>e</sup> Conférence spécialisée en génie des transports de la Société canadienne de génie civil, Montréal, QC.

Guimond, P. (2002a). Mieux connaître le carrefour giratoire et son histoire. *Info-Normes*, 13(3), 4-7.

Guth, D., Long, R., Ponchillia, P., Ashmead, D., Wall, R. (2000). *Non-visual Gap Detection at Roundabouts by Pedestrians who are Blind : A Summary of the Baltimore Roundabouts Study*, [En ligne]. <http://www.access-board.gov/publications/roundabouts/research-summary.htm> (Consulté le 10 Décembre 2002).

Guth, D., Long, R., Ponchillia, P., Ashmead, D., Wall, R. (2002). *Pedestrian Access to Modern Roundabouts : Design and Operational Issues for Pedestrian who are Blind*, [En ligne]. <http://www.access-board.gov/publications/roundabouts/bulletin> (Consulté le 10 Décembre 2002).

Hétu, M. (2000). *Comparaison entre un carrefour avec feux de circulation (ou arrêts aux approches secondaires) et un giratoire*, [En ligne]. <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/archives/axeroutier173/docdeposes/documdepose/s/pr3-tableau6-2.pdf> (Consulté le 28 Octobre 2002).

Hyden, C., Varhelyi, A. (2000). The effects on Safety, Time Consumption and Environment of Large Scale Use of Roundabouts in an Urban Area : A Case Study. *Accident Analysis and Prevention*, 32(1), 11-23.

Institute of Transportation Engineers. (2002). *Roundabout Accessibility Proceedings*. Article présenté au Roundabout Accessibility Summit, Washington, DC.

Insurance Institute for Highway Safety. (2000). Roundabouts. *Status Report*, 35(5), 2-6.

Insurance Institute for Highway Safety. (2001). Roundabouts Reduce Traffic Backups. *Status Report*, 36(7), 1-3.

Jacquemart, G. (1996). Is the Roundabout Coming to the United States. *Journal of Transportation Engineering*, 122(6), 411-413.

Jacquemart, G. (1998). *Synthesis of Highway Practice 264 : Modern Roundabout Practice in the United States*. Washington, DC : National Cooperative Highway Research Program.

Jacquemart, G. (2002). *Carrefour giratoire aux États-Unis*. Article présenté au Colloque les carrefours giratoires de l'AQTR et de l'AIMQ, Montréal, QC.

Lachance, G. (2002). *Un carrefour giratoire en milieu urbanisé*. Article présenté au Colloque les carrefours giratoires de l'AQTR et de l'AIMQ, Montréal, QC.

Lagemann, A. (2002). *Führung des ÖPNV an Kreisverkehrpätzen*, [En ligne]. [Http://transport.arubi.uni-kl.de/index\\_forshung.html](http://transport.arubi.uni-kl.de/index_forshung.html) (Consulté le 10 Avril 2003).

Lounsbury & Associates. (2002). *Analysis of First Winter of Roundabout Operation*. Anchorage, AK : Municipality of Anchorage.

Lounsbury & Associates. (2003). *Alaska Roundabouts*, [En ligne]. <http://www.alaskaroundabouts.com> (Consulté le 5 Août 2002).

Luttrell, G., Russell, E. R., Rys, M. (2000). *A Comparaison of a Roundabout to Two-way Stop Controlled Intersections and High Traffic Volumes*. Article présenté au ITE Annual Meeting 2000, Nashville, TN.

Ministère des Transports du Québec. (2002). *Le carrefour giratoire : un mode de gestion différent*. Québec, QC : Auteur.

Ministère des Transports du Québec, Société de l'Assurance Automobile du Québec. (2001). *Politique de sécurité dans le transport 2001-2005. Volet routier*. Québec, QC : Ministère des Transports du Québec.

Myers, E. J. (1994). Modern Roundabouts for Maryland. *Institute of Transportation Engineers Journal*, 65(10), 18-22.

Najafi, F. T., Jivacate, I. (2002). *The Current Status of Roundabouts*. Article présenté à la 4<sup>e</sup> Conférence spécialisée en génie des transports de la Société canadienne de génie civil, Montréal, QC.

National Road Transport Commission. (1999). *Australian Road Rules*. Canberra, Australie : Australian Transport Council.

Natsinas, T. (1982). *A Computer Simulation of the Effects of Flaring and Turning Movements on Roundabout Entry Performance*. Thèse de doctorat, University of Sheffield, Sheffield, Grande-Bretagne.

New York State Department of Transportation. (2000). *Roundabouts : Interim Requirements and Guidance*. Albany, NY : Auteur.

Novellas, F. (2002a). *Carrefours giratoires et sécurité routière... En France*. Article présenté au Colloque les carrefours giratoires de l'AQTR et de l'AIMQ, Montréal, QC.

Novellas, F. (2002b). *Les giratoires en France. 25 ans d'expérience ? Et si tout était à recommencer...* Article présenté au Colloque les carrefours giratoires de l'AQTR et de l'AIMQ, Montréal, QC.

Office of Traffic and Safety. (2001). *Maryland Roundabout Safety Experience*. Hanover, MD : Maryland State Highway Administration.

Oh, H., Sisiopiku, V. P. (2001). *Probabilistic Models for Pedestrians Capacity and Delay at Roundabouts*. Article présenté au 4<sup>th</sup> International Symposium on Highway Capacity, Maui, HI.

Ourston, L. (1994). *Nonconforming Traffic Circle Becomes Modern Roundabout*. Article présenté au ITE Annual Meeting 1994, Dallas, TX.

Ourston, L., Hall, G. A. (1996). *Modern Roundabout Interchanges Come to America*. Article présenté au ITE Annual Meeting 1996, Minneapolis, MN.

Persaud, B. N., Retting, R. A., Garder, P. E., Lord, D. (2000). *Crash Reductions Following Installation of Roundabouts in the United States*. Arlington, VA : Insurance Institute for Highway Safety.

Plante, O. (2003). *Impact sur la sécurité routière des carrefours giratoires au Québec*. Rapport technique, École de Technologie Supérieure, Montréal, QC.

Quesnel, S. (2002). Des carrefours giratoires au Québec. *Camautoplus*, 8(2), 16.

Rahman, M. A. (1995). *Design Criteria for Roundabouts*. Article présenté au ITE Annual Meeting 1995, Denver, CO.

Redington, T. (1995). The Modern Roundabout Arrives in Vermont. *Transportation Quarterly*, 35(3), 11-12.

Retting, R. A. (2002). *Architectural and Transportation Barriers Compliance Board Guidelines for Accessible Public Right-of-Way*. Arlington, VA : Insurance Institute for Highway Safety.

Robinson, B. W., Rodegerdts, L. A. (2001). *Capacity and Performance of Roundabouts : A Summary of Recommendations in the FHWA Roundabout Guide*. Article présenté au 4<sup>th</sup> International Symposium on Highway Capacity, Maui, HI.

Roland, F. (2003). *Autoturn, l'aide définitive des concepteurs routiers*. Article présenté au 38<sup>e</sup> Congrès annuel de l'AQTR, Sherbrooke, QC.

Rossetti, E. (2002). *Carrefour giratoire*. Article présenté au Colloque les carrefours giratoires de l'AQTR et de l'AIMQ, Montréal, QC.

Russell, E. R., Luttrell, G., Rys, M. (2002). *Roundabout Studies in Kansas*. Article présenté à la 4<sup>e</sup> Conférence spécialisée en génie des transports de la Société canadienne de génie civil, Montréal, QC.

St-Jacques, M., Drainville, S., Pellecuer, L. (2002). *Carrefours giratoires au Québec : Avantages et contraintes*. Article présenté au Colloque les carrefours giratoires de l'AQTR et de l'AIMQ, Montréal, QC.

Service d'urbanisme de la ville de Chicoutimi. (2001). *Les carrefours giratoires à Chicoutimi*. Chicoutimi, QC : Auteur.

Siegman, P. (1999). *A Roundabout Way of Resolving Palo Alto's Midtown Problem*, [En ligne]. <http://www.terrain.org/articles/2/siegman.htm> (Consulté le 15 Janvier 2003).

Singer, L. I., Hicks, T. (2000). *An Engineer's Dilemma : Accomodating the Needs of People with Disabilities at Modern Urban Roundabouts*. Article présenté au ITE Annual Meeting 2000, Nashville, TN.

Sisiopiku, V. P., Oh, H. (2001). Evaluation of Roundabout Performance Using SIDRA. *Journal of Transportation Engineering*, 127(2), 143-150.

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid. (1996). *Safety of bycyclists on roundabouts deserves special attention*. Leidschendam, Pays-Bas : Auteur.

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid. (1998). *Roundabouts in a sustainably safe infrastructure*. Leidschendam, Pays-Bas : Auteur.

Stone, J. R., Chae, K., Phillalarri, S. (2002). *The Effects of Roundabouts on Pedestrian Safety*. Knoxville, TN : The Southeastern Transportation Center.

Tacq, K. (2000). Détermination de la géométrie des giratoires : Conception et proposition de normalisation. *Routes/Roads*, 306, 31-43.

Taekratok, T. (1998). *Modern Roundabouts for Oregon (OR-RD-98-17)*. Salem, OR : Oregon Department of Transportation.

Tan, J.-A. (2001). *Comparaison of Capacity between Roundabout Design and Signalised Junction Design*. Article présenté à la 1<sup>st</sup> Swiss Transport Research Conference, Monte Verità / Ascona, Suisse.

Tollazzi, T. (2001). *Roundabouts in Slovenia : Ten Years Experiences*. Article présenté à la International Conference : Traffic Safety on Three Continents, Moscou, Russie.

Touring Club Suisse. (2001). *Circuler dans un Giratoire: Manuel d'Information à l'Usage des Personnes Conscientes de la Sécurité et qui Veulent en Savoir plus sur les Giratoires*. Genève, Suisse : Auteur.

Traffic Design Group. (2000). *The Ins and Outs of Roundabouts*. Wellington, Nouvelle-Zélande : Transfund New Zealand.

U.S. Department of Transportation. (2000). *Roundabouts : An Informational Guide* (FHWA-RD-00-067). McLean, VA : Federal Highway Administration.

Van, M.-J. T., Balmeffrezol, P. (2000). Design of Roundabout in France : Historical Context and State of the Art. *Transportation Research Record*, 1737, 92-97.

Varhelyi, A. (2002). The Effects of Small Roundabouts on Emissions and Fuel Consumption : A Case of Study. *Transportation Research Part D*, 7(1), 65-71.

Wallwork, M. (1996). *Modern Roundabouts*, [En ligne]. <http://homepages.together.net/~vgr/roundabouts/mwround1.htm> (Consulté le 08 Mai 2001).

Wallwork, M. (1997). Roundabouts : What they are and why they work. *Planning Commissioners Journal*, 26, 15-17.

Wallwork, M., Newberry, S. (2002). *Modern Roundabouts*. Article présenté à la 4<sup>e</sup> Conférence spécialisée en génie des transports de la Société canadienne de génie civil, Montréal, QC.

Wanderlof, S. (1995). *The Use of Roundabouts in Sweden*, [En ligne]. [http://www.citebc.ca/may95\\_round.html](http://www.citebc.ca/may95_round.html) (Consulté le 22 Mars 2003).

Yagar, S. (1992). Use of Roundabouts. *Institute of Transportation Engineers Journal*, 62(2), 42-45.

Zemka, S. (2002). Carrefour giratoire dans une zone Industrielle. *Routes et Transports*, 31(2), 41-46.



Züger, P., Porchet, A., Burch, D. (2001). *Roundabouts : Fuel Consumption, Emissions of Pollutants, Crossing times*. Article présenté à la 1<sup>st</sup> Swiss Transport Research Conference, Monte Verità / Ascona, Suisse.

#### **Autres références utilisées :**

Association des transports du Canada. (1999). *Geometric Design Guide for Canadian Roads*. Ottawa, ON : Auteur.

Baranovski, B. (2003). *Roundabouts USA*, [En ligne]. <http://roundaboutsusa.com> (Consulté le 05 Août 2002).

Bernhard, W., Portmann, P. (2000). *Traffic Simulation of Roundabouts in Switzerland*. Article présenté à la 2000 Winter Simulation Conference, Orlando, FL.

Flannery, A. R., Datta, T. K. (1996a). *Operational Analysis and Performance of American Roundabouts*. Article présenté au ITE Annual Meeting 1996, Minneapolis, MN.

Flannery, A. R., Datta, T. K. (1996b). Modern Roundabouts and Traffic Crash Experience in United States. *Transportation Research Record*, 1553, 103-109.

Flannery, A. R., Datta, T. K. (1996c). Operational Measures of American Roundabouts. *Transportation Research Record*, 1572, 68-75.

Gouvernement du Québec. (2003b). *Transports Québec*, [En ligne]. <http://www.mtq.qc.ca> (Consulté le 28 Avril 2003).

Guimond, P. (2002b). Le carrefour giratoire : Un concept qui s'adapte aux besoins. *Info-Normes*, 13(4), 8-13.

Guimond, P., Julien, Y. (2003). La conception d'un carrefour giratoire étape par étape. *Info-Normes*, 14(1), 2-10.

Hagring, O. (2001). Derivation of Capacity Equation for Roundabout Entry with Mixed Circulating and Existing Flows. *Transportation Research Record*, 1776, 91-99.

Hagring, O. (2002). Estimation of Parameters in Distribution of Headways in Roundabouts. *Journal of Transportation Engineering*, 128(5), 403-411.

Henry, M. J., Reynolds, D. T. (1999). *Roundabouts : The Round Solution Does not always Fit the Square Problem*. Article présenté au ITE Annual Meeting 1999, Las Vegas, NV.

Hétu, M. (2002). *Qu'est-ce qu'un giratoire ?* Article présenté au Colloque les carrefours giratoires de l'AQTR et de l'AIMQ, Montréal, QC.

Hoang, L. T., Courage, K. G. (1997). *Design and Evaluation of Modern Roundabouts in Florida*. Article présenté au ITE Annual Meeting 1997, Boston, MA.

Insurance Institute for Highway Safety. (2002). Biggest Problem at Stop Signs Isn't Running Through; It's Stopping But Then Failing to Yield. *Status Report*, 37(9), 6-7.

Jacquemart, G. (2002b). *Bilan Sécurité des giratoires aux États-Unis*. Article présenté au Colloque les carrefours giratoires de l'AQTR et de l'AIMQ, Montréal, QC.

Jacquemart, G. (2002c). *Draft Guidelines on Accessible Public Rights-of-Way Comments*, [En ligne]. <http://www.access-board.gov/provac/comments/index.htm> (Consulté le 25 Avril 2003).

Kansas State University. (2003). *Center of Transportation Research and Training*, [En ligne]. <http://www.ksu.edu/roundabouts/> (Consulté le 5 Août 2002).

Krogscheepers, J. C., Roebuck, C. S. (1999). Simulation of Traffic at Roundabouts. *Institute of Transportation Engineers Journal*, 69(7), 17.

Luttrell, G. (2001). *Exploration of the Effects of Operational and Physical Characteristics on Operating Speeds at Modern Roundabouts*. Thèse de doctorat, Kansas State University, Manhattan, KS.

Myers, E. J. (1999). *Accident Reduction with Roundabouts*. Article présenté au ITE Annual Meeting 1999, Las Vegas, NV.

Niederhauser, M. E., Collins, B. A., Myers, E. J. (1997). *The Use of Roundabouts : Comparison of Alternate Design Solutions*. Article présenté au ITE Annual Meeting 1997, Boston, MA.

Ourston, L., Bared, J. G. (1995). Roundabouts : A Direct Way to Safer Highways. *Public Roads*, 59(2), 41-49.

Ourston, L., Hall, G. A. (1997). Roundabouts Increase Interchange Capacity. *Institute of Transportation Engineers Journal*, 67(12), 30-35.

Perez, R. (2000). *Modern Roundabout as an Access Management Tool*. Article présenté à la Fourth National Access Management Conference, Portland, OR.

Polus, A., Shmueli, S. (1996). Analysis and Evaluation of the Capacity of Roundabouts. *Transportation Research Record*, 1572, 99-104.

Rahman, M. A., Hicks, T. (1994). *A Critical Look at Roundabout*. Article présenté au ITE Annual Meeting 1994, Dallas, TX.

Retting, R. A., Luttrell, G., Russell, E. R. (2002). Public Opinion and Traffic Flow Impacts of Newly Installed Modern Roundabouts in the United States. *Institute of Transportation Engineers Journal*, 72(9), 30-37.

Robinson, B., Bared, J. G. (2000). *Roundabout and Access Management*. Article présenté à la Fourth National Access Management Conference, Portland, OR.

Rodriguez, E. M., Heimbarg, L. (1997). *Roundabouts : An Innovative Traffic Control Solution : 40th Street PD&E Study*. Article présenté au ITE Annual Meeting 1997, Boston, MA.

Société de l'Assurance Automobile du Québec. (2001). *Bilan 2000 : Accidents, parc automobile, permis de conduire*. Québec, QC : Auteur.

Troutbeck, R. J., Kako, S. (1999). Limited Priority Merge at Unsignalized Intersections. *Transportation Research Part A*, 33(3-4), 291-304.

Wang, R., Ruskin, H. J. (2002). Modeling Traffic Flow at a Single-Lane Urban Roundabout. *Computer Physics Communications*, 147, 570-576.

Younes, B. (2000). *Roundabouts vs. Intersections : The Tale of three UAE Cities*. Article présenté au ITE Annual Meeting 2000, Nashville, TN.